ILMU BAHAN LOGAM

JILID II

Oleh :
B.J.M. Beumer Ing,

Judul Asli:
Materiaalkunde

Diterjemahkan
oleh:
B.S. Anwir

SI
VA TIMUR
91
EU

— 1979 —

BHRATARA KARYA AKSARA – JAKARTA

ILMU BAHAN LOGAM

JILID II

Oleh :
B.J.M. Beumer Ing,

Judul Asli:
Materiaalkunde

Diterjemahkan
oleh:
B.S. Anwir

— 1979 —

BHRATARA KARYA AKSARA – JAKARTA

Proyek Pengembangan Perpustakaan
Jawa Timur
T. A. 1986 / 1987

43.064/r/pw/86

Hak terjemahan dalam edisi bahasa Indonesia pada Penerbit PT Bhratara Karya Aksara 1979 Jakarta.
Hak cipta 1972 pada Technische Uitgeverij H.Stam B.V., Educaboek B.V., Industrieweg I, Culemborg, The Netherlands.

PERPUSTAKAAN WILAYAH DEP. P DAN K
Jl. Walikota Mustajab. 68
SURABAYA

CATATAN ISI SECARA UMUM

JILID 1. LOGAM

1. Pendahuluan
2. Percobaan bahan dan pemeriksaan bahan
3. Fabrikasi besi kasar
4. Fabrikasi baja
5. Fabrikasi baja-tuang dan besi-tuang
6. Sifat dan penggunaan baja, baja-tuang dan besi-tuang
7. Korosi dan pencegahan korosi
8. Fabrikasi logam non-ferro
9. Sifat dan penggunaan logam non-ferro

Buku-soal

JILID 2. LOGAM

10. Dipadu
11. Paduan non.ferro yang berat
12. Paduan non-ferro yang ringan
13. Bahan pelumas
14. Bahan-bakar
15. Plastik dan karet
16. Bahan paking
17. Bahan isolasi

Buku-soal

JILID 3. LOGAM

18. Diagram besi-zatarang
19. Proses fabrikasi baja, baja-tuang dan besi-tuang
20. Pengerjaan panas dari baja, baja-tuang dan besi-tuang
21. Sifat dan penggunaan baja dan baja-tuang, bahan pemotong dan bahan pengasah.
22. Sifat dan penggunaan besi-tuang
23. Mencetak dan menuang

Buku-soal

CATATAN ISI DARI JILID 2 LOGAM

10. PADUAN 1

LENGKUNGAN PENDINGIN

Umum — Lengkungan pendinginan dari air — Lengkungan pendinginan dari suatu larutan garam — Lengkungan pendinginan dari larutan-larutan garam.

LENGKUNGAN PENDINGINAN DAN DIAGRAM PEMBEKUAN

Umum — Dari lengkungan pendinginan ke diagram pembekuan — Diagram pembekuan dari air dan garam.

DIAGRAM DASAR

Umum — Diagram pembekuan dari zat yang tidak larut dalam keadaan padat — Diagram pembekuan dari zat yang dapat larut dalam keadaan padat.

SUATU DIAGRAM PEMBEKUAN YANG PENTING

Umum — Diagram pembekuan dari zat yang larut terbatas dalam keadaan padat.

DIAGRAM PEMBEKUAN YANG LAIN

Diagram pembekuan dari dua macam zat — Diagram pembekuan dari dua macam zat, yang membentuk persenyawaan kimia — Diagram pembekuan dari dua macam zat, yang dapat terjadi dalam lebih dari tiga macam sifat ada zat.

KESIMPULAN

11. PADUAN NON–FERRO YANG BERAT 23

BAHAN UNTUK BANTALAN–LUNCUR, UNTUK MEMATERI DAN UNTUK MENGELAS

Loyang

BAHAN UNTUK BANTALAN–LUNCUR

Perunggu — Logam putih

BAHAN UNTUK MEMATERI

Tembaga-pateri dan perak-pateri — Timah-pateri

BAHAN UNTUK MENGELAS

Bahan untuk las otogen — Bahan untuk las-busur-logam

12. PADUAN NON–FERRO YANG RINGAN 54

Paduan aluminium — Paduan magnesium

13. BAHAN PELUMAS 61

Sifat-sifat penting — Gesekan dan pelumasan — Minyak — Bahan imbuh atau aditif — Jenis minyak yang digunakan — Jenis gemuk yang digunakan — Bahan lumas pendingin.

14. BAHAN–BAKAR 75

Sifat-sifat penting — Pembakaran — Bahan-bakar padat — Bahan-bakar cair — Bahan-bakar gas.

15. PLASTIK DAN KARET 82

PENDAHULUAN

Bahan dasar — Pengolahan

PLASTIK

Termoplas dan termoharder — Jenis, sifat dan penggunaan — Pemberian bentuk — Persamaan logam dan plastik.

KARET

Tidak divulkanisasikan dan yang divulkanisasikan — Karet alam — Jenis karet sintetis.

16. BAHAN PAKING 123

Umum — Bahan paking bukan metalik — Bahan paking metalik tanggung — Bahan paking metalik — Pilihan bahan.

17. BAHAN ISOLASI (= PENYEKAT) 136

Bahan penyekat listrik — Bahan penyekat suara — Bahan penyekat getaran — Bahan penyekat panas.

BUKU PERTANYAAN 145

10. PADUAN

Dengan memadu dimaksudkan melebur dua atau tiga elemen, dengan tujuan untuk memperoleh sifat-sifat yang lebih baik.
Dalam definisi ini disebut elemen, karena yang dipadu itu tidak saja logam dengan logam, melainkan juga logam dengan metaloid.
Metaloid itu adalah bahan bukan-logam.
Jadi bila kita ingin memperoleh suatu macam paduan, dua atau tiga macam elemen atau lebih dipersatukan dalam keadaan lumer, lalu diaduk dan kemudian didinginkan. Mempelajari cara pendinginan paduan semacam itu memberi pengertian kepada kita bagaimana dan mengapa sifat itu dapat diperbaiki.

LENGKUNGAN PENDINGINAN

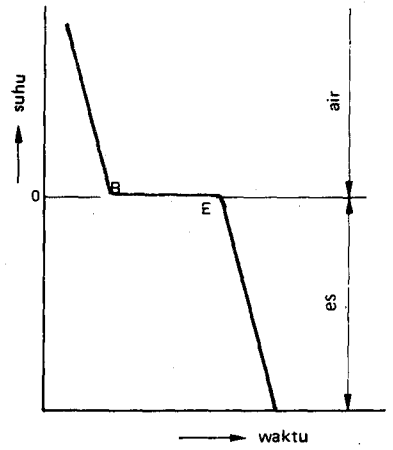
Umum

Lengkungan pendinginan itu adalah suatu gambaran grafik, di mana pada garis vertikal diukurkan suhu dan pada garis horisontal diukurkan waktu. Jadi suatu lengkungan pendinginan itu memperlihatkan hubungan antara suhu dan waktu selama pendinginan sesuatu zat berlangsung.
Lengkungan pendinginan itu dapat dilukiskan berdasarkan suatu percobaan. Untuk keperluan tersebut sesuatu macam zat dipanaskan sampai suhu tertentu. Sesudah itu zat tersebut dibiarkan sampai dingin dan pada waktu-waktu yang teratur diukur suhu dan waktu. Data suhu dan waktu itu diukurkan secara grafis; sepanjang hasil-titik yang diperoleh secara demikian dapat dilukiskan lengkungan pendinginan.
Sebagaimana telah kita ketahui, kebanyakan zat itu dapat terjadi dalam tiga macam bentuk (=fasa), yaitu berbentuk uap, berbentuk cairan atau berupa zat-padat. Dalam pembicaraan selanjutnya hanya akan dibahas fasa cairan dan fasa padat, dimana terutama akan diperhatikan suasana perubahan dari fasa yang satu ke fasa yang lain.

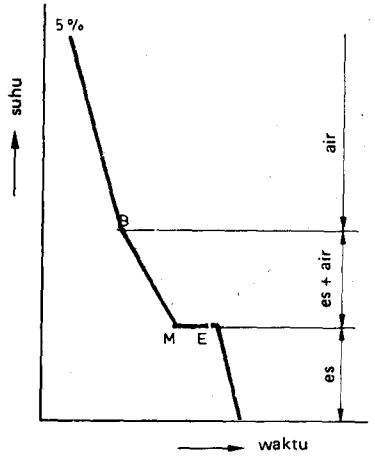
Lengkungan pendinginan dari air (lihat gambar 10.01).

Waktu mendinginkan air ternyata bahwa dengan pertambahan waktu yang berturut-turut, suhu air menurun secara teratur sampai 0°C (sampai B), lalu kemudian tinggal tetap selama waktu tertentu (dari B ke E) dan sesudah itu, dengan pertambahan waktu selanjutnya menurun (sesudah E) secara teratur.

Pada titik B air mulai membeku, pada titik E pembekuan berhenti.
Jikalau pembekuan itu dari permulaan sampai akhir berlangsung pada suhu yang tetap, maka garis horisontal dalam lengkungan pendinginan dinamakan *titik-berhenti.* Di sini suhu itu berhenti.
Bila terdapat titik-berhenti, selama pembekuan berlangsung dapat juga dinamakan *titik-beku.* Jadi air itu mempunyai titik-beku.



Gambar 10.01



Gambar 10.02

Lengkungan pendinginan dari suatu larutan garam (lihat gambar 10.02).

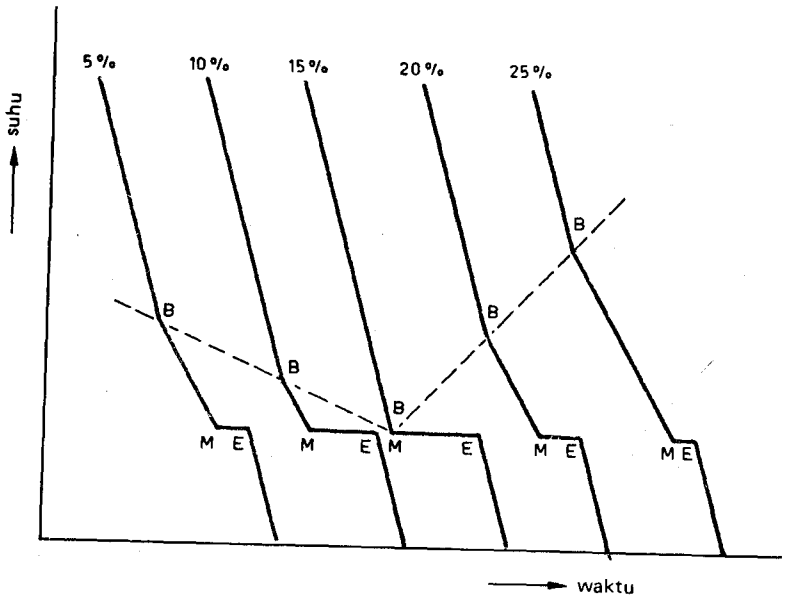
Pada pendinginan larutan umpamanya dari 5% garam dalam air [1] ternyata sebagai berikut : Pada pertambahan waktu yang berturut-turut, suhu menurun dengan teratur sampai B. Pada titik B mulai pembekuan. Dari larutan tampak hablur-hablur mulai memisahkan diri. Pemisahan hablur itu akan berlangsung terus sampai M, bila suhu menurun secara teratur. Pada titik M seluruh zat terbagi dan terdiri sebagian dari zat-padat dan sebagian lagi dari zat-cair. Dari M ke E, bila suhu tinggal tetap, sisa zat-cair itu akan membeku pula. Pada titik E semua telah menjadi beku. Jadi pada titik E pembekuan itu berhenti. Sesudah E, suhu akan menurun secara teratur pada pertambahan waktu yang berturut-turut.

1) Dengan larutan 5% garam dalam air dimaksudkan larutan dari 5 prosen bobot garam dalam 95 prosen bobot air.

Dalam hal ini tidak terdapat titik-berhenti, jadi juga tidak ada titik-beku. Perubahan zat dari suatu fasa ke fasa yang lain berlangsung di sini melalui *trayek-pembekuan.*

Lengkungan pendinginan dari larutan-larutan garam (lihat gambar 10.03).

Pada pendinginan berbagai macam larutan garam ternyata bahwa titik B, yaitu titik permulaan pembekuan, tidak sama tinggi untuk semua larutan garam. Ini berarti, bahwa berbagai macam larutan itu tidak mulai membeku pada suhu yang sama.



Gambar 10.03

Dari tiga lengkungan pendinginan pertama dapat diambil kesimpulan, bahwa pada penambahan kadar garam sampai 15%, permulaan pembekuan itu selalu terjadi pada suhu yang lebih rendah.
Contoh : Sedikit garam di atas es, akan melumerkan es itu. Jadi garam tersebut menurunkan apa yang dinamakan titik-lumer (= titik-beku) dari es.

Makin banyak garam diletakkan di atas es, makin cepat pula es itu melumer. Jadi garam tambahan itu menurunkan lagi apa yang dinamakan titik-lumer (= titik-beku) tersebut.

Dari lengkungan pendinginan larutan 15% garam dalam air ternyata, bahwa larutan ini tidak mempunyai trayek-pembekuan, akan tetapi mempunyai titik-beku lagi. Di sini terdapat lagi titik-berhenti.

Isi susunan yang sangat khusus ini dinamakan *susunan eutektis.*

Dengan eutektis dimaksud : "lumer dengan baik".

Dari ketiga lengkungan pendinginan terakhir dapat diambil kesimpulan, bahwa pada penambahan kadar garam selanjutnya sedari 15%, permulaan pembekuan akan selalu terjadi pada suhu yang lebih tinggi.

Contoh : Terlampau banyak garam di atas es, akan melambatkan kembali pelumeran es itu. Jadi kwantitas garam yang terlampau banyak akan meningkatkan kembali titik-lumer (= titik-beku) dari es.

LENGKUNGAN PENDINGINAN DAN DIAGRAM PEMBEKUAN

Umum

Diagram pembekuan itu adalah suatu gambaran grafik, di mana pada garis vertikal diukurkan suhu dan pada garis horisontal diukurkan *kadar dari elemen tertentu dalam larutan.* Pada diagram pembekuan antara lain dapat dibaca untuk tiap kadar dari unsur tertentu dalam larutan yang bersangkutan, pada suhu mana larutan itu mulai membeku dan pada suhu mana larutan tersebut menjadi beku sama sekali.

Dari lengkungan pendinginan ke diagram pembekuan (lihat gambar 10.04).

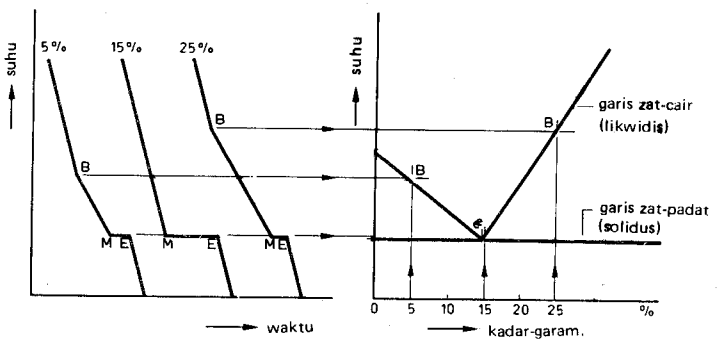
Dengan bertitik pangkal pada sejumlah besar lengkungan pendinginan dari larutan dengan kadar yang berbeda-beda, kita dapat melukiskan suatu diagram pembekuan.

Pada ketinggian yang sama dari garis ME dalam lengkungan pendinginan dilukiskan sebuah garis horisontal dalam diagram pembekuan.

Garis ini dinamakan *solidus* atau *garis zat-padat.* Ini berarti, bahwa tiap larutan dengan suhu yang lebih rendah dari garis ini adalah zat-padat.

Kemudian semua titik B diambil sebagai berikut: Dari titik B dalam lengkungan pendinginan, dilukiskan sebuah garis horisontal.

Sekarang dicari titik-potong dari garis horisontal itu dengan garis vertikal dalam diagram pembekuan, yang sesuai dengan kadar-garam dari



Gambar 10.04

lengkungan pendinginan yang bersangkutan. Titik-potong itu adalah salah satu titik dari diagram. Sepanjang titik-titik yang diperoleh dengan cara yang demikian rupa, ditarik dua buah garis.

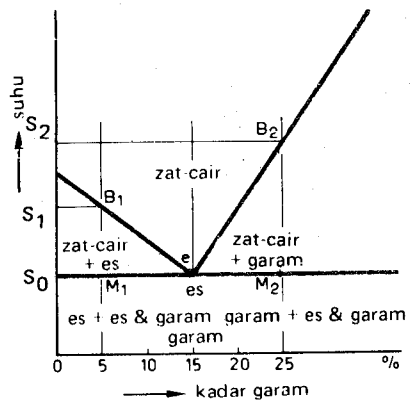
Garis itu dinamakan *likwidis* atau *garis zat-cair.* Ini berarti bahwa tiap larutan di atas suhu yang ditunjukkan oleh garis itu adalah zat-cair. Dari pengertian tentang garis zat-padat dan garis zat-cair dapat diambil kesimpulan, bahwa semua larutan pada suhu yang ditunjukkan oleh daerah antara garis zat-padat dan garis zat-cair itu sebagian terdiri dari zat-cair dan sebagian dari zat-padat.

Sesuai dengan yang telah diterangkan pada gambar 10.03, dapat dilihat di sini bahwa bila kadar-garam itu ditingkatkan sampai 15%, titik permulaan pembekuan akan menurun dan bila kadar garam itu dinaikkan mulai 15% titik permulaan pembekuan akan naik kembali. Titik itu dinamakan *eutektikum.*

Diagram pembekuan dari air dan garam (lihat gambar 10.05).

Sekarang kita perhatikan diagram pembekuan dari air dan garam.

Jika kita perhatikan larutan 25% garam dalam air selama pendinginan, maka akan kita lihat sebagai berikut:



Gambar 10.05

1. Pada titik B_2 zat-cair mulai membeku. Hablur-hablur memisahkan diri, yang ternyata adalah hablur-garam. Pada suhu S_2 larutan itu dikatakan jenuh dengan garam, sehingga garam yang tak dapat larut dipisahkan.
2. Antara B_2 dan M_2 lebih banyak hablur-garam memisahkan diri. Jadi dalam daerah ini terdapat zat-cair dan hablur-garam.
3. Pada titik M_2 sisa dari zat-cair yang terdiri dari air dan garam, membeku pada suhu yang tetap. Sekarang terjadi pembentukan campuran dari hablur-es dan hablur-garam yang halus.
4. Jadi di bawah titik M_2 terdapat hablur-garam yang terjadi antara B_2 dan M_2 dan campuran hablur-es dan hablur-garam yang halus, yang terjadi dalam M_2. Jikalau ditinjau larutan 5% garam dalam air selama waktu pendinginan, akan terlihat gejala yang sejenis :
   1. Pada titik B_1 zat-cair mulai membeku. Hablur kelihatan memisahkan diri, yang ternyata adalah hablur-es. Pada suhu S_1 larutan itu dikatakan jenuh dengan air, sehingga air yang tak dapat larut menjadi disisihkan.
   2. Antara B_1 dan M_1 lebih banyak tersisih hablur-es. Jadi dalam daerah ini terdapat zat-cair dan hablur-es.

   3. Pada titik M_1 sisa zat-cair yang terdiri dari air dan garam, membeku pada suhu tetap. Kini terbentuk campuran dari hablur-es dan hablur-garam.
   4. Jadi di bawah titik M_1 terdapat hablur-es yang terjadi antara B_1 dan M_1 dan campuran hablur-es dan hablur-garam yang halus yang terjadi pada M_1.

Bila ditinjau larutan 15% garam dalam air selama waktu pendinginan, kita akan melihat suatu gejala yang luar biasa:

1. Pada titik e seluruh zat-cair, yang terdiri dari air dan garam membeku pada suhu tetap. Pada peristiwa ini terbentuk campuran hablur-es dan hablur-garam yang halus.
2. Jadi di bawah titik e hanya terdapat hablur-es dan hablur-garam halus yang terjadi pada e. Campuran itu dinamakan campuran *eutektis*. Kemudian akan ternyata, bahwa campuran hablur-es dan hablur-garam halus yang terjadi pada M_1 dan M_2, adalah juga campuran eutektis.

Semua gejala pendinginan dari berbagai macam larutan garam dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Di atas garis zat-cair keadaannya cair seluruhnya. Zat-cair terdiri dari garam yang larut dalam air.
2. Antara garis zat-cair dan garis zat-padat, keseluruhannya terdiri dari sebagian zat-cair dan sebagian zat-padat. Sebelah kiri eutektikum zat-padat itu terdiri dari es, sedang di sebelah kanan eutektikum zat-padat itu terdiri dari garam.
3. Di bawah garis zat-padat, keadaan padat seluruhnya. Zat-padat itu terdiri dari es atau garam dan suatu campuran eutektis dari es dan garam.

DIAGRAM – DASAR.

Umum.

Diagram-dasar itu adalah diagram pembekuan; dari diagram-dasar dapat dijabarkan lebih banyak diagram pembekuan lain yang lebih rumit. Dalam diagram pembekuan pada gambar 10.05 dilukiskan hanya sebuah sumbu vertikal dan kadar garam diukurkan dari kiri ke kanan. Untuk diagram-dasar dan diagram pembekuan yang lebih rumit yang akan dibahas dikemudian hari, data ini akan kita perluas.

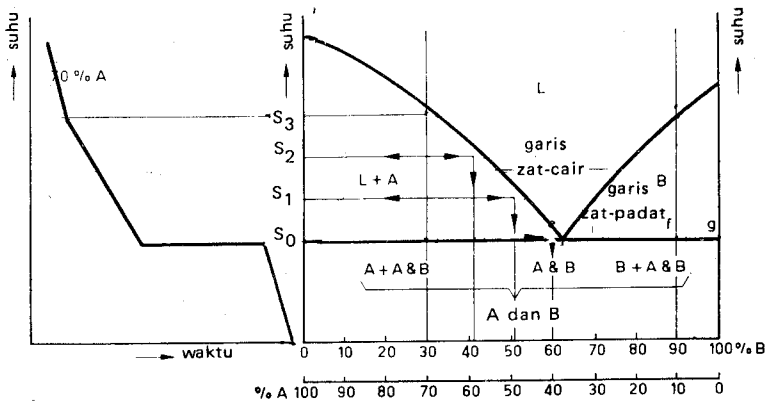
Pada gambar 10.06 dan 10.07, pada jarak tertentu dilukiskan dua buah sumbu vertikal, di mana suhu diukurkan. Sumbu horisontal dibagi dalam

seratus bagian yang sama besar. Dari kiri ke kanan diukurkan kadar dari zat B dan dari kanan ke kiri diukurkan kadar dari zat A.

Contoh : Suatu larutan yang terdiri dari 70% A, mengandung 30% B.
Suatu larutan yang terdiri dari 10% A, mengandung 90% B.

Diagram pembekuan dari zat yang tak dapat larut dalam keadaan padat (lihat gambar 10.06).

Diagram-dasar yang pertama ini memperlihatkan banyak persamaan dengan diagram pembekuan dari air dan garam. Memang demikian halnya karena gejala yang timbul pada waktu pendinginan adalah sejenis. Agar kita dapat membahas gejala itu lebih mendalam, di sini akan kita bicarakan kembali.



Gambar 10.06

Bila kita tinjau suatu larutan dari 70% A dan 30% B selama waktu pendinginan, akan terlihat sebagai berikut :

1. Pada suhu S_3 zat-cair mulai membeku. Hablur kelihatan menyisihkan diri, yang ternyata adalah hablur A. Pada suhu S_3 larutan itu dikatakan jenuh dengan zat A, sehingga A yang tak dapat larut jadi tersisihkan.
2. Waktu menurunkan suhu dari S_3 sampai S_0, lebih banyak hablur A yang tersisih. Akan tetapi karena itu prosentasi A dalam zat-cair

akan selalu berkurang. Pada suhu S_2 zat-cair hanya mengandung 59%A, pada suhu S_1 hanya 49% A dan pada suhu S_0 hanya 40% A.

3. Pada suhu S_0 sisa zat-cair hanya mengandung 40% A dan 60% B, yang merupakan susunan eutektis. Jadi sisa zat-cair ini akan membeku pada suhu tetap, dengan membentuk campuran eutektis dari hablur A dan hablur B yang halus.
4. Jadi di bawah suhu S_0 terdapat hablur A yang dibentuk antara suhu S_3 dan S_0 dan campuran eutektis dari hablur A dan B halus yang terjadi pada suhu S_0.

Gejala waktu pendinginan berbagai macam larutan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Di atas garis zat-cair seluruhnya berada dalam keadaan cair. Zat-cair terdiri dari larutan A dan B. Zat-cair ditunjukkan dengan huruf L.
2. Keseluruhan yang berada antara garis zat-cair dan garis zat-padat, sebagian terdiri dari zat-cair dan sebagian dari zat-padat. Di sebelah kiri eutektikum terdapat zat-cair dan zat-padat A (L + A). Di sebelah kanan eutektikum terdapat zat-cair dan zat-padat B (L + B). Susunan zat-cair dalam daerah ini berlaku menurut garis zat-cair.
3. Di bawah garis zat-padat, keadaan seluruhnya padat. Di sebelah kiri eutektikum larutan terdiri dari zat-padat A dan campuran eutektis dari zat-padat A dan zat-padat B (A + A & B). Di sebelah kanan eutektikum larutan terdiri dari zat-padat B dan campuran eutektis dari zat-padat A dan zat-padat B (B + A & B). Dalam eutektikum sendiri larutan itu hanya terdiri dari campuran eutektis dari zat-padat A dan zat-padat B (A & B).
   Jadi pada umumnya dapat dikatakan bahwa di bawah garis zat-padat, zat-padat itu terdiri dari campuran hablur A dan hablur B (A dan B).
   Di sini ditegaskan kata *campuran.* Ini berarti hablur A *di samping* hablur B. Semua sifat dari zat A dan B yang digunakan sebagai titik tolak, diketemukan kembali dalam zat-padat yang membeku.
   Jadi zat A dan B ternyata tidak dapat larut ke dalam satu sama lain dalam keadaan padat. Oleh sebab itu diagram ini dinamakan diagram pembekuan dari zat yang tak dapat larut dalam keadaan padat. Hanya beberapa macam logam yang mempunyai diagram-dasar ini sebagai diagram-pembekuan. Dari logam itu dapat disebutkan timbel-antimon dan kadmium-bismut.

Kadar untuk campuran eutektis dapat dihitung dengan teliti untuk semua larutan.

Bila kwantitas dari campuran yang tidak eutektis dinamakan S dan kwantitas dari campuran yang eutektis dinamakan E, maka kedua kwantitas itu berbanding sebagai bagian-bagian dari garis eg yang tidak terletak berdampingan. Untuk E, bagian yang tidak terletak berdampingan itu, ialah bagian garis, yang tidak terletak pada eutektikum.

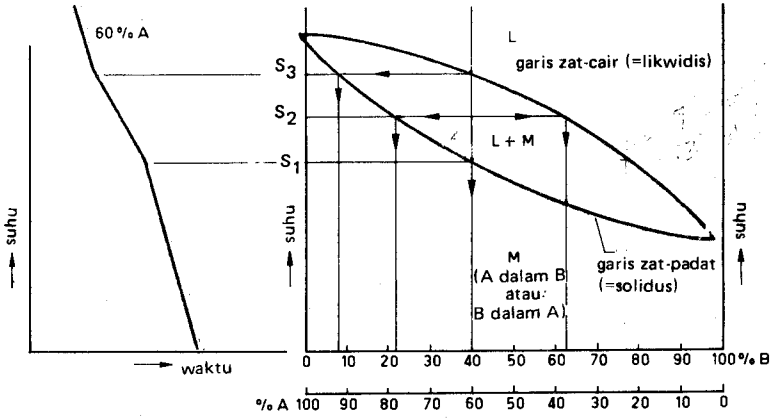
Contoh: Untuk larutan dari 10% A dan 90% B dihitung kadar dari campuran eutektis sebagai berikut: S : E = ef : fg = 30% : 10%.

Jadi kadar campuran eutektis dibandingkan terhadap seluruh kwantitas sama dengan:

$$\frac{10\%}{30\% + 10\%} \times 100\% = \frac{10}{40} \times 100\% = 25\%.$$

Diagram pembekuan dari zat yang dapat larut dalam keadaan padat (lihat gambar 10.07)

Diagram-dasar yang kedua sama sekali tidak ada memperlihatkan persamaan dengan diagram-pembekuan dari air dan garam. Juga gejala pada waktu pendinginan berbeda sama sekali. Marilah kita tinjau gejala itu.



Gambar 10.07

Bila suatu larutan dari 60% A dan 40% B ditinjau selama waktu pendinginan, kita akan melihat hal sebagai berikut :

1. Pada suhu S_3 zat-cair mulai membeku. Hablur menyisihkan diri.
2. Dengan menurunkan suhu dari S_3 ke S_1, hablur lebih banyak memisahkan diri.
3. Pada suhu S_1 seluruhnya menjadi padat.

Dengan diagram-dasar yang pertama kita lihat perbedaan sebagai berikut:

1. Tidak terjadi campuran eutektis. Lengkungan pendinginan tidak mempunyai bagian garis yang horisontal.
2. Hablur yang menyisihkan diri pada suhu S_3, ternyata bukan hablur A dan bukan pula hablur B. Hablur yang dipisahkan terdiri dari suatu zat yang baru sama sekali. Hablur yang baru ini dinamakan *hablur-campuran.*

   Hablur-campuran itu adalah larutan dari dua macam zat-padat terhadap satu sama lain. Jadi dalam hal ini A dan B melarut satu sama lain dalam keadaan padat.

Sekarang akan kita tinjau gejala yang terjadi pada waktu pendinginan dari suhu S_3 ke suhu S_1.

1. Pada suhu S_3 hablur-campuran yang pertama menyisihkan diri.
   Hablur ini ternyata mengandung 92% A. Karena prosentasi A tinggi dalam hablur-campuran ini, maka prosentasi A dalam zat-cair menjadi rendah.
   Dari zat-cair ini hanya mungkin terjadi hablur-campuran yang mengandung A kurang dari 92%.
2. Hablur-campuran yang menyisihkan diri pada suhu S_2 ternyata mengandung A demikian banyaknya, sehingga seluruh zat-padat memperoleh susunan dari 78% A. Pada suhu S_2 zat-cair hanya mengandung 37% A.
3. Pada suhu S_1 hablur-campuran yang terakhir menyisihkan diri. Pada hablur ini ternyata terdapat demikian banyak A, sehingga seluruh zat-padat memperoleh susunan dengan 60% A, yang merupakan susunan yang semula kembali. Jadi zat-cair sudah tidak ada lagi, karena semua telah memadat. Zat-cair itu memadat dengan pembentukan hablur dan kadar A yang menurun. Keadaan ini seolah-olah memberi gambaran, bahwa zat-padat terdiri dari hablur-campuran dengan kadar A yang berlainan. Pada instansi pertama memang demikian halnya. Akan tetapi pada pendinginan yang perlahan-lahan, karena difusi kadar pada hablur-campuran akan merata, sehingga akhirnya diperoleh juga zat yang sama-rata (= homogen).

Gejala pada pendinginan berbagai macam larutan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Di atas garis zat-cair keadaan cair seluruhnya. Zat-cair itu terdiri atas larutan A dan B. Zat-cair ditunjukkan kembali dengan huruf L.
2. Antara garis zat-cair dan garis zat-padat, keseluruhannya terdiri atas sebagian zat-cair dan sebagian zat-padat (L + M).
   Zat-padat itu terdiri dari hablur-campuran. Susunan zat-cair dalam daerah ini berlaku menurut garis zat-cair. Susunan zat-padat berlaku menurut garis zat-padat.
3. Di bawah garis zat-padat keseluruhannya padat. Zat-padat itu terdiri dari hablur-campuran (M).

Jadi pada umumnya dapat dikatakan, bahwa di bawah garis zat-padat, zat-padat itu terdiri atas hablur-campuran (M). Kita memberi tekanan terhadap perkataan *hablur-campuran*. Ini berarti bahwa unsur A dan unsur B larut *terhadap* satu sama lain. Dalam zat-padat yang membeku, tidak diketemukan lagi sifat-sifat dari zat A dan zat B, yang merupakan titik-tolak kita. Kita sekarang memperoleh suatu jenis zat baru dengan sifat yang sama sekali berlainan.

Dalam hal ini ternyata, bahwa zat A dan zat B dapat larut terhadap satu sama lain dalam keadaan padat. Oleh sebab itu diagram ini dinamakan diagram pembekuan dari zat yang dapat larut dalam keadaan padat. Hanya terdapat beberapa macam logam dengan diagram-dasar yang kedua ini sebagai diagram pembekuan. Dari logam itu disebutkan di sini tembaga-nikel dan emas-perak.

DIAGRAM PEMBEKUAN YANG PENTING

Umum

Diagram yang akan kita bahas di bawah ini adalah diagram pembekuan pertama yang lebih rumit dan yang dapat dijabarkan dari kedua diagram-dasar sebelum ini. Gejala-gejalanya sejenis dengan gejala yang telah dibahas pada diagram-dasar.

Oleh karena diagram-pembekuan yang lain dijabarkan menurut cara yang serupa dari diagram-dasar, maka diagram kita anggap penting dan akan dibahas secara mendalam.

Diagram pembekuan dari zat yang larut terbatas dalam keadaan padat (lihat gambar 10.08).

Akan kita selidiki gejala pada waktu pendinginan dari berbagai macam larutan.

Bila kita tinjau suatu larutan dari 10% A dan 90% B pada waktu pendinginan, kita akan melihat keadaan sebagai berikut :

1. Zat-cair membeku pada suhu S_7. Pada waktu itu hablur-campuran M_2 menyisihkan diri.
2. Waktu suhu diturunkan dari S_7 sampai S_4, penyisihan diri hablur campuran berlangsung lebih banyak.
3. Pada suhu S_4 seluruhnya membeku.
4. Jadi di bawah suhu S_4 hanya terdapat hablur-campuran M_2.

Gejala ini serupa benar dengan gejala yang telah dibahas pada gambar 10.07.

Bila ditinjau suatu larutan dari 95% A dan 5% B selama waktu pendinginan, kita akan menemukan gejala yang serupa dengan apa yang telah diterangkan di atas tadi. Akan tetapi hablur-campuran M_1 yang terjadi di sini mempunyai prosentasi susunan campuran yang berlainan dengan susunan M_2.

Jikalau ditinjau larutan dari 20% A dan 80% B selama waktu pendinginan, akan terlihat sebagai berikut:

1. Pada suhu S_6 zat-cair mulai membeku. Hablur-campuran M_2 menyisihkan diri.
2. Waktu suhu diturunkan dari S_6 ke S_3 hablur-campuran M_2 menyisihkan diri lebih banyak.
3. Pada suhu S_3 seluruhnya membeku.
4. Pada suhu S_1 hablur-campuran M_2 jenuh dengan zat A.
   Ini berarti, bahwa dengan penurunan suhu mulai dari S_1, hablur-campuran M_2 tidak mungkin lagi menahan larutan 20% A.
   Jadi hablur-campuran M_2 menyisihkan A, dimana A sedikit membawa B dan karena itu terjadi hablur-campuran M_1.
5. Di bawah suhu S_1 terdapat hablur-campuran M_2 dan hablur-campuran M_1. Susunan dari hablur-campuran M_2 berlaku menurut garis-jenuh dg. Susunan dari hablur-campuran M_1 berlaku menurut garis-jenuh cf.
   Ini berarti bahwa pada suhu S_0 hablur-campuran M_2 mengandung 15% A dan hablur-campuran M_1 mengandung 90% A.

Bila kita tinjau suatu larutan dari 60% A dan 40% B selama waktu pendinginan, maka akan terlihat keadaan sebagai berikut:

1. Pada suhu S_2 seluruh zat-cair membeku pada suhu tetap. Jadi di sini ternyata bahwa ada lagi kemungkinan eutektikum.

Dalam hal ini terbentuk suatu campuran eutektis dari hablur-campuran halus M_1 dan hablur-campuran halus M_2.

Bila kita tinjau suatu larutan dari 30% A dan 70% B selama waktu pendinginan, maka kita akan melihat keadaan sebagai berikut :

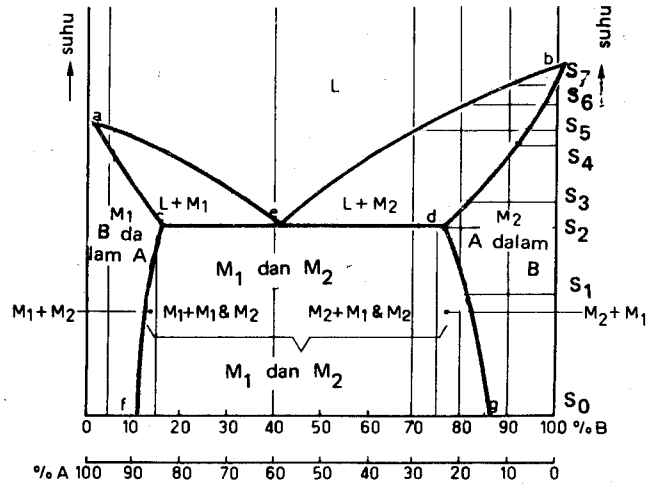
1. Pada suhu S_5 zat-cair mulai membeku. Hablur-campuran M_2 menyisihkan diri.
2. Waktu menurunkan suhu dari S_5 ke S_2, lebih banyak lagi hablur-campuran M_2 memisahkan diri. Susunan zat-padat berlaku menurut garis zat-padat (garis bd.). Susunan zat-cair berlaku menurut garis zat-cair (garis be). Dengan keadaan yang terakhir ini berarti, bahwa pada suhu S_2 sisa zat-cair. mempunyai susunan-60% A dan 40% B, yang merupakan susunan eutektis.
3. Pada suhu S_2 sisa zat-cair ini membeku pada suhu yang tetap.
   Jadi dengan demikian terbentuk suatu campuran eutektis dari hablur-campuran M_1 yang halus dan hablur-campuran M_2 yang halus.
4. Di bawah suhu S_2 terdapat hablur-campuran M_2, yang terjadi antara suhu S_5 dan S_2 dan campuran eutektis dari hablur-campuran M_1 yang halus dan hablur-campuran M_2 yang halus, yang terjadi pada suhu S_2. Susunan dari hablur-campuran M_2 berlaku menurut garis-jenuh dg. Susunan dari hablur-campuran M_1 menurut garis-jenuh cf.

Jadi gejala pada pendinginan dari berbagai macam larutan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Di atas garis zat-cair seluruhnya berada dalam keadaan cair. Zat-cair terdiri dari larutan A dan B.
2. Antara garis zat-cair dan garis zat-padat keseluruhannya terdiri dari sebagian zat-cair dan sebagian zat-padat. Di sebelah kiri eutektikum larutan terdiri dari zat-cair dan zat-padat, yaitu yang terdiri dari hablur-campuran M_1, $(L + M_1)$. Di sebelah kanan eutektikum larutan terdiri dari zat-cair dan zat-padat, yaitu yang terdiri dari hablur-campuran M_2, $(L + M_2)$. Susunan (campuran) zat-cair dalam daerah ini berlaku menurut garis zat-cair. Susunan dari zat-padat berlaku menurut garis zat-padat.
3. Di bawah garis zat-padat seluruhnya padat. Di sebelah kiri garis-jenuh cf zat-padat terdiri dari hablur-campuran M_1 (M_1). Di sebelah kanan garis-jenuh dg. dari hablur-campuran M_2 (M_2).

Antara kedua buah garis-jenuh itu kita bedakan empat daerah. Dalam tiap daerah terdapat hablur-campuran M_1 dan hablur-campuran M_2. Susunan

dari hablur-campuran M_1 berlaku menurut garis-jenuh cf. Susunan dari hablur-campuran M_2 berlaku menurut garis-jenuh dg.



Gambar 10.08

Jadi pada umumnya dapat dikatakan bahwa antara kedua buah garis-jenuh terdapat campuran dari hablur-campuran M_1 dan hablur-campuran M_2 (M_1 dan M_2).

Kita beri tekanan pada ucapan *campuran dari hablur-campuran.* Ini berarti hablur-campuran M_1 *disamping* hablur-campuran M_2. Semua sifat dari hablur-campuran M_1 dan M_2 diketemukan kembali dalam zat-padat yang membeku. Akan tetapi tidak diketemukan kembali sifat dari zat A dan zat B.

Daerah antara kedua garis-jenuh dapat juga dinamakan daerah dari sifat dapat larut yang terbatas. Sifat dapat larut dari hablur-campuran M_1 ternyata dari garis-jenuh cf. Sifat dapat larut dari hablur-campuran M_2 ternyata dari garis-jenuh dg. Kedua garis-jenuh itu, memperlihatkan dengan jelas, bahwa sifat dapat larut itu meningkat dengan kenaikan suhu, yang sudah dapat diduga terlebih dahulu.

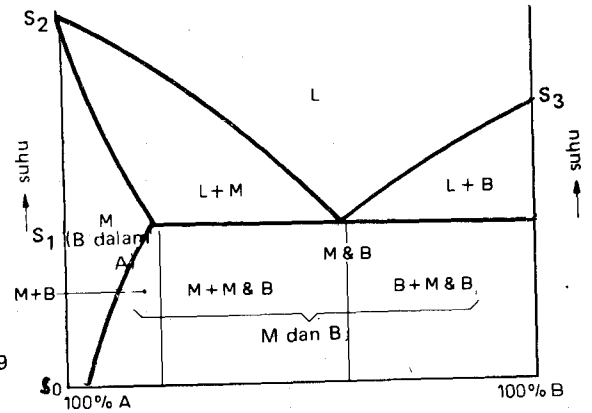
Hablur-campuran M_1 dan M_2 jadi hanya dapat menahan kadar B dan A yang terbatas sebagai larutan. Oleh sebab itu diagram ini dinamakan diagram pembekuan dari zat yang dapat larut terbatas dalam keadaan padat.

Akhirnya dapat dicatat di sini bahwa susunan timbel-timah (timah-pateri) dan susunan aluminium-silisium (silumin) memperlihatkan diagram yang semacam itu.

DIAGRAM PEMBEKUAN YANG LAIN

Diagram pembekuan dari dua macam zat (lihat gambar 10.09).

Dalam diagram yang dibahas terakhir diperoleh dua macam hablur-campuran, oleh karena zat A dalam keadaan padat hanya dapat larut terbatas dalam zat B dan sebaliknya zat B dalam keadaan padat juga hanya dapat larut terbatas dalam zat A.
Oleh karena itu seolah-olah kita memperoleh suatu diagram yang setangkup (simetris).
Dalam diagram yang akan dibahas sekarang ini, zat B dalam keadaan padat dapat larut terbatas dalam zat A, akan tetapi sebaliknya zat A dalam keadaan padat tidak dapat larut dalam zat B. Karena itu kita memperoleh suatu diagram yang tidak setangkup (asimetris).
Suatu paduan dengan banyak zat A, setelah didinginkan memberikan hablur-campuran, dimana zat B larut sampai prosentasi terbatas.
Paduan dengan banyak zat B, setelah didinginkan memberi campuran dengan hablur-campuran tersebut di atas.
Gejala ini berarti bahwa sifat-sifat dari zat A tidak diketemukan kembali dalam zat-padat yang membeku. Akan tetapi sifat-sifat dari zat B ada diketemukan.



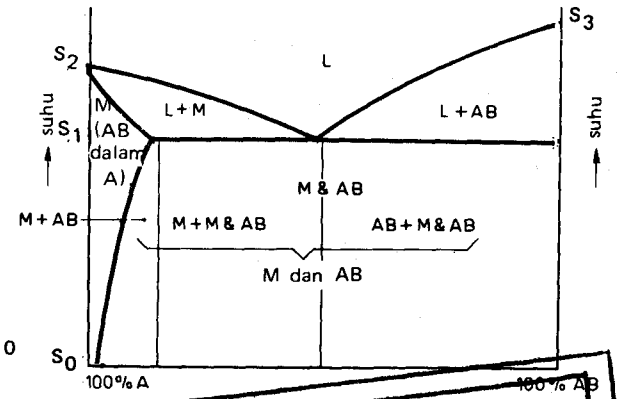
Gambar 10.09

PERPUSTAKAAN WILAYAH DEP. P DAN K
Jl. Walikota Mustajab. 68
SURABAYA

Hendaknya diperhatikan di sini, bahwa bagian sebelah kiri dari diagram ini sesuai dengan bagian sebelah kiri dari diagram pada gambar 10.08, sedangkan bagian yang sebelah kanan sesuai dengan diagram dari gambar 10.06.

Diagram pembekuan dari dua macam zat yang membentuk persenyawaan kimia (lihat gambar 10.10).

Dalam diagram yang telah dibahas hingga sekarang kita selalu berpedoman bahwa zat A dan B tidak membentuk persenyawaan kimia. Akan tetapi kemungkinan itu selalu ada, terutama waktu menyusun logam dan metaloid. Persenyawaan kimia kita tunjukkan dengan AB. Perhatikanlah: bukan campuran A dan B dan bukan hablur-campuran A dalam B, melainkan suatu persenyawaan AB. Zat tunggal A dengan persenyawaan AB sekarang membentuk campuran (A dan AB) dan/atau hablur-campuran (A dalam AB atau AB dalam A).
Untuk keperluan tersebut garis horisontal dalam diagram dibagi dalam seratus bagian yang sama besar; dari kiri ke kanan diukurkan kadar dari persenyawaan AB dan dari kanan ke kiri kadar dari zat A. Persenyawaan AB hanya dapat mengandung suatu kadar tertentu dari zat B, yang dapat dihitung dari rumus kimia.
Diminta perhatian di sini, bahwa diagram ini sesuai dengan diagram yang sebelumnya. Persenyawaan kimia AB dalam keadaan padat dapat larut terbatas dalam zat A, akan tetapi sebaliknya zat A dalam keadaan padat, tidak dapat larut dalam persenyawaan kimia AB.



Gambar 10.10

Proyek Pengembangan Perpustakaan
Jawa Timur
T. A. 1986 / 1987

Paduan yang banyak mengandung zat A, setelah didinginkan memberi hablur-campuran, di mana persenyawaan kimia AB larut dalam prosentasi yang terbatas. Suatu paduan yang banyak mengandung AB setelah didinginkan memberi campuran dengan hablur-campuran tersebut di atas. Akhirnya dapat dicatat di sini, bahwa susunan Mg – Mg_2Sn memperlihatkan diagram yang semacam itu.

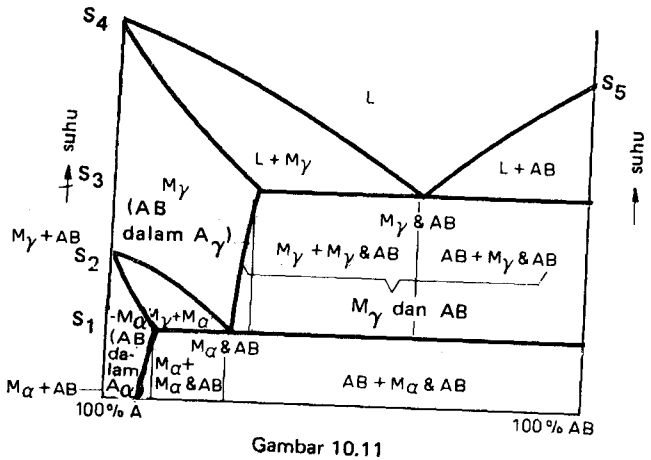
Diagram pembekuan dari dua macam zat, yang dapat terjadi dalam lebih dari tiga macam sifat-ada zat (lihat gambar 10.11).

Diagram yang telah dibahas hingga sekarang, semuanya berhubungan dengan zat yang hanya dapat terjadi dalam tiga macam sifat ada (= fasa) zat. Ketiga macam fasa itu ialah fasa bentuk uap, fasa-cair dan fasa-padat. Akan tetapi ada pula zat, yang dalam keadaan padat dapat muncul dalam dua *modifikasi* atau lebih dari itu. Jadi dengan demikian kita umpamanya dapat memperoleh situasi sebagai berikut :

fasa bentuk uap
fasa cair
fasa padat < modifikasi – α / modifikasi – β

Jadi zat ini dapat muncul dalam empat macam sifat ada zat.
Modifikasi–α dan modifikasi–β dari zat-padat mempunyai sifat-sifat yang sama sekali berlainan dan nyatanya zat itu adalah dua jenis zat yang berlainan sama sekali.
Contoh : Jikalau timah yang sedang mencair didinginkan, pada suhu 232°C terjadi titik-perhentian. Timah itu membeku pada suhu tetap. Bila pendinginan dilanjutkan, pada suhu 18°C terjadi lagi titik-perhentian. Timah yang sudah membeku sekarang berubah dari modifikasi yang satu ke modifikasi yang lain pada suhu tetap. Pada suhu ini dalam timah terjadi perubahan struktur. Sesuai dengan warnanya, timah di atas 18°C dinamakan timah putih dan timah yang terjadi di bawah suhu 18°C dinamakan timah kelabu. Timah putih terdiri dari hablur kasar. Timah yang kelabu berbentuk tepung dan karena itu bercerai berai (="pes-timah").
Jadi timah putih dan timah kelabu itu mempunyai sifat-sifat yang sangat berbeda.
Dari contoh ini ternyata, bahwa pada perubahan dari modifikasi yang satu ke modifikasi yang lain dapat terjadi titik-perhentian dalam lengkungan pendinginan.

Zat yang semacam ini sekarang kita larutkan dan dinginkan pada keadaan cair dalam sesuatu zat yang lain. Dapat dipahami, bahwa pada perubahan dari modifikasi yang satu ke modifikasi yang lain, tidak terjadi titik-perhentian dalam lengkungan pendinginan, melainkan dapat terjadi sebuah trayek-peralihan, yang sejenis dengan trayek-pembekuan dalam lengkungan pendinginan dari gambar 10.06 dan gambar 10.07.
Ini berarti juga, bahwa dalam diagram-pembekuan di bawah garis zat-padat, dapat terjadi daerah-peralihan yang sejenis dengan daerah dalam diagram pembekuan pada gambar 10.06, gambar 10.07 atau gambar 10.08.
Gambar 10.11 memperlihatkan diagram-pembekuan yang semacam itu.



Gambar 10.11

Pada diagram ini sekali lagi dipersoalkan dua macam zat A dan B yang membentuk suatu persenyawaan kimia AB dan di mana zat A yang dilumerkan bersama persenyawaan AB kemudian didinginkan.
Titik-beku zat A terletak pada suhu S_4 dan dalam keadaan padat dapat terjadi dalam dua modifikasi; perubahan dari modifikasi yang satu ke modifikasi yang lain berlangsung pada suhu S_2. Modifikasi ini dinamakan modifikasi-γ dan modifikasi-α. Persenyawaan kimia AB mempunyai titik-beku pada S_5 dan dalam keadaan padat hanya dapat terjadi dalam satu modifikasi.
Hendaknya diperhatikan, bahwa bagian dari diagram ini yang berada di atas suhu S_2 sesuai dengan diagram yang sebelumnya. Persenyawaan kimia AB dalam keadaan padat hanya dapat larut terbatas dalam modi-

fikasi-γ dari zat A, akan tetapi sebaliknya modifikasi-γ dari zat A dalam keadaan padat tidak dapat larut dalam persenyawaan kimia AB. Paduan dengan banyak modifikasi-γ dari A setelah pendinginan, memberikan hablur-campuran di mana persenyawaan kimia AB larut sampai kadar yang terbatas. Hablur-campuran ini dinamakan Mγ. Paduan dengan banyak AB setelah didinginkan memberikan suatu campuran dengan hablur-campuran tersebut di atas.

Antara suhu s_2 dan s_1 modifikasi-γ dari zat A beralih ke dalam modifikasi-α. Karena itu juga hablur-campuran M_γ (AB dalam A_γ) beralih ke dalam hablur-campuran M_α (AB dalam A_α).

Daerah peralihan $M_\gamma + M_\alpha$ sejenis dengan daerah $L + M_1$ dari gambar 10.08. Jadi juga gejala-gejala setelah pendinginan adalah sejenis.

Oleh karena itu pelajarilah sekali lagi diagram yang penting ini. Akhirnya dapat dicatat di sini, bahwa susunan $Fe - Fe_3C$, yaitu sementitbesi memperlihatkan diagram yang semacam ini. Akan tetapi diagram itu dinamakan diagram besi zat-arang.

KESIMPULAN

Dengan memadu dimaksud melumerkan jadi satu dua buah unsur atau lebih, dengan tujuan untuk memperoleh sifat-sifat yang lebih sempurna. Setelah seluruh paduan lumeran itu didinginkan, dapat diperoleh berbagai macam jenis hablur.

1. Campuran dari rupa-rupa hablur.

Suatu campuran dari rupa-rupa hablur terjadi karena pelumeran menjadi satu dari dua buah unsur atau labih, yang *tidak* dapat larut terhadap satu sama lain dalam keadaan padat.

Pada gambar 10.12 dilukiskan diagram-pembekuan dari paduan yang semacam itu.

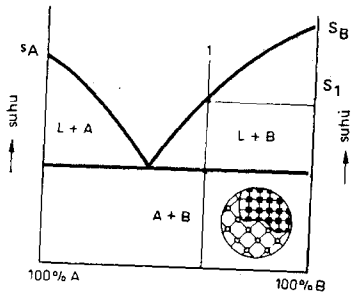
Suatu ciri khas dari paduan-paduan ini ialah, bahwa hablur dari unsur-unsurnya duduk *berdampingan* dalam paduan itu (lihat gambar 10.12).

Untuk paduan yang terdiri dari campuran-campuran hablur berlaku ketentuan umum sebagai berikut:

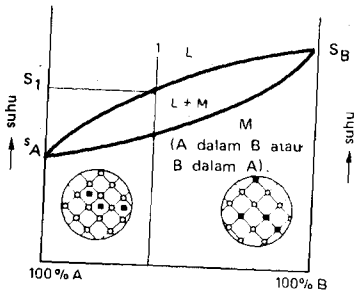
a. Titik-lumernya lebih rendah daripada titik-lumer tertinggi unsur dan dalam banyak hal juga lebih rendah daripada titik-lumer terendah unsur.

Contoh : Titik-lumer unsur A ialah s_A dan titik-lumer unsur B ialah s_B,

sedangkan titik-lumer dari paduan 1 yang terdiri dari 40% A dan 60% B ialah s_1, yang lebih rendah daripada s_A dan s_B (lihat gambar 10.12).



Gambar 10.12



Gambar 10.13

b. Sifat-sifat mekanisnya berada antara sifat mekanis dari kedua unsur.
Penyebab : Hablur dari unsur duduk berdampingan dalam paduan, sehingga diperoleh sifat-mekanis rata-rata (lihat gambar 10.12).

2. Hablur-campuran.

Hablur-campuran terjadi pada pelumeran menjadi satu, dua unsur atau lebih yang *dapat* larut dalam keadaan padat.

Pada gambar 10.13 dilukiskan diagram pembekuan dari paduan yang demikian rupa.

Suatu ciri khas dari paduan ini ialah, bahwa unsur-unsurnya di sini telah larut *satu sama lain* dalam keadaan padat. Larutan ini dinamakan *larutan padat.*

Pada paduan yang terdiri dari hablur-campuran berlaku untuk sifat-sifatnya ketentuan umum sebagai berikut:

a. Titik-lumernya berada antara titik-lumer kedua unsur.
Contoh: Titik-lumer dari unsur A ialah s_A dan titik-lumer dari unsur B ialah s_B, sedangkan titik-lumer dari paduan 1, yang terdiri dari 60% A dan 40% B ialah s_1, yang terletak antara s_A dan s_B (lihat gambar 10.13).

b. Kekerasan dan kekuatan-tariknya lebih besar daripada kekerasan dan kekuatan-tarik unsur.

Penyebab: Dalam suatu hablur-campuran atom-atom dari unsur yang satu terletak antara atom-atom dari unsur yang lainnya atau atom dari unsur yang satu mengambil tempat dari atom unsur yang lainnya (lihat gambar 10.13). Karena itu cara susunan atom dalam hablur (kisi-hablur) berubah dan menjadi teregang sama sekali.

Karena tegangan itu paduan yang terdiri dari hablur-campuran memperoleh kekerasan yang lebih besar daripada yang terdiri dari unsur. Pada kekerasan yang lebih besar biasanya diperoleh kekuatan-tarik yang lebih besar pula.

3. *Persenyawaan kimia.*

Persenyawaan kimia terjadi karena penyatuan dua unsur atau lebih. Suatu ciri khas dari persenyawaan itu ialah, bahwa selalu terdapat perbandingan yang tetap antara bobot unsur.

Untuk sifat-sifat dari kebanyakan persenyawaan kimia pada bahan teknik berlaku ketentuan umum sebagai berikut :

Kekerasan dan kekuatan-tarik lebih besar daripada kekerasan dan kekuatan tarik masing-masing unsur.

Contoh: Tembaga dan timah adalah lunak dan lemah, sedangkan persenyawaan kimia dari tembaga dan timah itu, Cu_4Sn, adalah logam kuat dan keras.

Diagram yang dilukiskan pada gambar 10.12 dan 10.13 dinamakan diagram-dasar, yang jarang diketemukan seperti itu. Kebanyakan paduan terdiri atas:

a. campuran dari berbagai macam hablur-campuran;
b. campuran dari hablur-campuran dan suatu unsur tunggal;
c. campuran dari hablur-campuran dan suatu persenyawaan kimia.

Karena itu terjadi diagram dengan bentuk-bentuk antara, yang sesungguhnya dapat dijabarkan dari diagram-dasar (lihat gambar 10.08 .... gambar 10.11).

Jadi, oleh karena dalam hampir semua paduan terdapat hablur-campuran dan/atau persenyawaan kimia, maka untuk sifat-sifat paduan berlaku ketentuan umum sebagai berikut :

a. Titik-lumernya lebih rendah daripada titik-lumer masing-masing unsur.
b. Kekerasan dan kekuatan-tariknya lebih besar daripada kekerasan dan kekuatan-tarik dari masing-masing unsur.

Jadi karena perpaduan itu diperoleh sifat yang lebih sempurna.

11. PADUAN NON-FERRO YANG BERAT BAHAN UNTUK BANTALAN–LUNCUR, UNTUK MEMATERI DAN UNTUK MENGELAS

Dengan paduan non-ferro yang berat dimaksud perpaduan dari logam non-ferro yang berat. Yang terpenting ialah paduan tembaga, paduan timah dan paduan timbel.

Dari paduan tembaga dalam bab ini dibahas loyang, perunggu, tembaga-pateri dan perak-pateri, sedangkan dari paduan timah dan paduan timbel dibahas logam-putih dan timah-pateri.

Paduan ini dapat dibagi dalam bahan untuk bantalan-luncur dan bahan untuk mematerí.

Pada bahan untuk bantalan-luncur termasuk perunggu dan logam-putih, sedangkan pada bahan untuk mematerí termasuk tembaga-pateri, perak-pateri dan timah-pateri.

Selain daripada untuk bantalan-luncur, perunggu itu dapat juga dipakai untuk keperluan lain. Loyang tidak termasuk salah satu golongan yang tersebut di atas.

Loyang

Umum

Loyang adalah paduan dari tembaga dan seng dengan berbagai macam perbandingan, disamping itu paduan tersebut dapat juga mengandung timbel.

Seng membuat tembaga lebih sempurna untuk dituang, menjadi lebih keras dan karena itu lebih baik untuk dikerjakan dengan perkakas penyudip.

Timbel memperbaiki sifat dapat disudipnya, akan tetapi kekerasan bahan berkurang.

Paduan dengan seng sampai 39% memberikan hablur-campuran $\alpha(M_\alpha)$ (lihat gambar 11.01). Bahan ini kenyal, sehingga dalam keadaan dingin dapat

dengan sempurna dirobah bentuknya dan karena itu cocok untuk dijadikan pelat-loyang; tahan korosi.

Paduan dengan seng dari 39 sampai 46% memberikan hablur-campuran α + hablur-campuran β ($M_\alpha + M_\beta$) (lihat gambar 11.01).
Bahan ini lebih kurang kenyal, karena itu bahan dapat dikerjakan dengan perkakas penyudip dengan baik, jadi sesuai untuk batang-loyang; kurang tahan korosi.

Cara penunjukan yang dinormalisasikan

Cara penunjukan lama: Ms, dengan tambahan bilangan untuk kadar tembaga dan didahului oleh huruf G untuk loyang-tuangan dan huruf K untuk loyang yang diremas (umpamanya: KMs 60).
Cara penunjukan baru: Cu, dengan tambahan simbol kimia dan bilangan, masing-masing untuk unsur-paduan dan kadar dari unsur-paduan, yang didahului oleh huruf G untuk paduan tuangan (umpamanya CuZn40).
Untuk jelasnya dicatat di sini, bahwa KMs 60 adalah cara penunjukan lama untuk CuZn40.

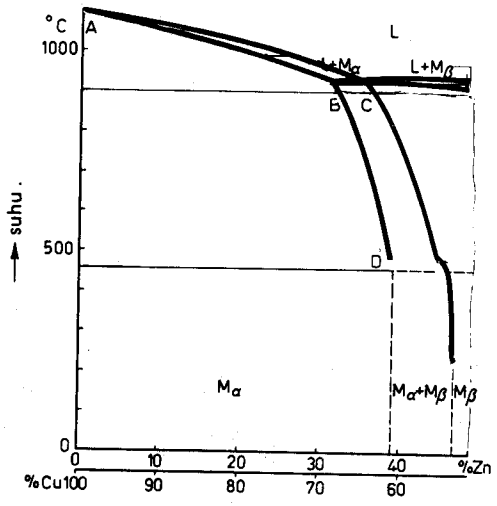
Jenis, sifat dan penggunaan.

Loyang terbagi dalam dua kelompok, yaitu kelompok paduan-tuangan tembaga-seng dan kelompok paduan-remas tembaga-seng.

Paduan-tuangan terdiri dari jenis GCuZn15, GCuZn35 dan GCuZn40 (GMs 60) dengan masing-masing mengandung seng 15, 35 dan 40%. Dengan meningkatnya kadar seng, meningkat pula kesempurnaan sifat dapat dituang dan sifat dapat disudip dari paduan tersebut.
Jadi GCuZn40 (GMs 60) adalah paduan yang paling baik untuk dituang dan untuk disudip. Paduan ini digunakan masing-masing untuk flensa-pateri dan keperluan umum.

Paduan-remas terdiri dari dua kelompok

Kelompok pertama terdiri dari jenis CuZn15 (KMs 85), CuZn30, CuZn33 (KMs 67), CuZn 37 (KMs 63) dan CuZn40 (KMs 60) dengan mengandung seng masing-masing sebesar 15, 30, 33, 37 dan 40%. Kecuali jenis yang terakhir, semua jenis mengandung seng kurang dari 39% dan jenis tersebut terdiri dari hablur-campuran kenyal α (M_α). Karena rendahnya kadar seng, maka paduan ini dapat dibentuk lebih sempurna.
Sifat sempurna dibentuk itu berkurang dengan peningkatan kadar-seng. Jadi CuZn15 (KMs 85) adalah paduan yang paling baik untuk dibentuk.



Gambar 11.01

Paduan ini terutama diperdagangkan dalam bentuk berupa pelat dan bahan tersebut sangat sesuai untuk pekerjaan yang agak dipaksakan. CuZn15 (KMs 85) dalam perdagangan dikenal sebagai tombak dan CuZn40 (KMs 60) dalam perdagangan dinamakan logam "muntz".

Kelompok yang kedua terdiri dari paduan-otomat CuZn40Pb3 dan CuZn39Pb2 dengan kadar seng masing-masing 40% dan 39% dan timbel masing-masing 3% dan 2%. Paduan ini mengandung seng lebih besar dari 39% atau 39% dan karena itu terdiri dari hablur-campuran α + hablur-campuran β ($M_\alpha + M_\beta$). Selain dari itu paduan tersebut mengandung beberapa prosentasi timbel.
Karena tingginya kadar seng dan rendahnya kadar timbel paduan-otomat itu dapat disudip dengan sempurna. Paduan logam ini terutama diperdagangkan dalam bentuk batang dan profil dan sangat sesuai untuk pabrikasi-masal pada pesawat-otomat (mesin perkakas otomatis). Oleh sebab itu bahan tersebut dinamakan paduan-otomat.

BAHAN UNTUK BANTALAN–LUNCUR [1)]

Umum

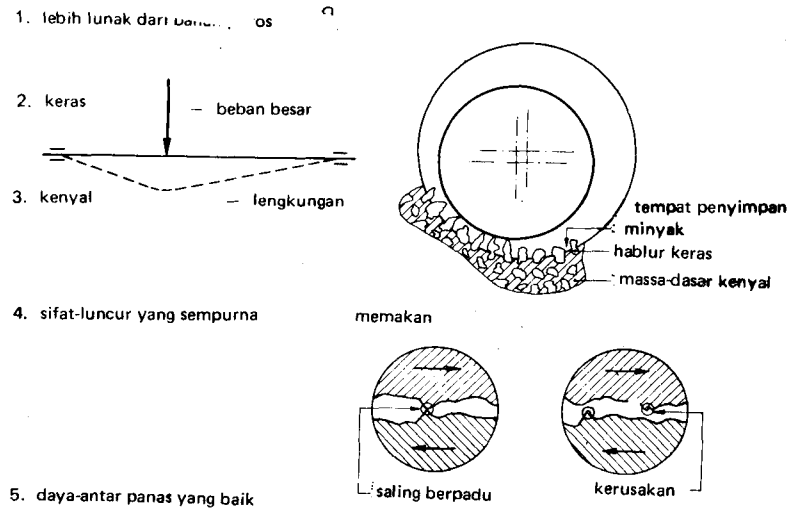
Bahan untuk bantalan-luncur harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut (lihat gambar 11.02):

1. Lebih lunak dari bahan untuk poros, karena bantalan-luncur itu lebih mudah dan lebih murah untuk diganti daripada poros.
2. Keras, untuk dapat menerima beban besar yang mungkin terjadi.
3. Kenyal, untuk dapat menerima kemungkinan bengkok poros.
4. Bahan yang bergeser satu sama lain harus mempunyai sifat-luncur yang sempurna.
5. Memiliki daya-antar panas yang baik, untuk dapat membuang panas yang terjadi.

Pada syarat-syarat yang berlawanan dari 2 dan 3 terhadap paduan dipenuhi dengan jalan membentuk hablur keras dalam massa-dasar yang kenyal dan lunak. Suatu keuntungan tambahan yang diperoleh ialah, bahwa massa-dasar yang lunak yang terdapat antara hablur yang keras itu, setelah waktu periode-pelancaran yang singkat akan sedikit menjadi aus, sehingga timbul ruangan yang dapat bekerja sebagai tempat penyimpan minyak.

Syarat yang keempat dipenuhi dengan memilih dua macam bahan yang tidak berpadu satu sama lain, sehingga pemakanan dapat dicegah. Pemakanan itu adalah pengrusakan dari salah satu bahan yang saling bergeser, yang dapat diterangkan sebagai berikut: Tiap permukaan bahan, bagaimanapun sempurnanya dihaluskan, selalu mempunyai bagian yang kasar. Jikalau dua buah dari permukaan bahan ini bergeser satu sama lain di bawah beban yang tinggi, puncak dari bagian-bagian yang tidak rata akan berpadu satu sama lain, karena suhu tinggi yang disebabkan oleh gesekan. Bila gerakan dilanjutkan, pada paduan yang kuat, sambungan bahan yang berada di samping paduan akan patah, yang berarti bahwa sebagian kecil dari salah satu bahan yang bergeser itu menjadi patah. Ini berarti bahwa salah satu dari bahan yang bergeser itu rusak. Untuk memperoleh sifat-luncur yang sempurna, kita harus memilih dua macam bahan yang saling tidak berpadu.

1). Sedapat mungkin dibahas bersama dengan judul yang serupa pada pelajaran tentang alat-bagian pesawat.



Gambar 11.02

Bahan, sifat dan penggunaannya

Bahan yang paling penting untuk bantalan-luncur ialah paduan non-ferro yang berat, yang dinamakan perunggu dan logam-putih.
Perunggu itu keras, tetapi kenyal, mempunyai sifat-luncur yang sempurna dan daya-antar panas yang baik. Oleh sebab itu perunggu sangat sesuai untuk pembebanan dan kecepatan yang tinggi.
Logam-putih terdiri dari massa-dasar kenyal dan lunak dan di dalamnya terdapat hablur yang keras. Logam mempunyai sifat-luncur yang baik, akan tetapi daya-antar panasnya kurang sempurna. Sungguhpun demikian masih cocok untuk pembebanan tinggi dan dengan kecepatan yang tinggi pula. Bantalan-luncur logam-putih dapat diganti dengan mudah.
Berhubung dengan sifatnya, bantalan-luncur itu terbuat dari perunggu dan logam-putih, yaitu masing-masing dinamakan logam-luncur keras dan logam-luncur lunak.

Logam lain untuk bantalan-luncur ialah logam-ferro besi-tuang dan paduan-sinter dari besi dan tembaga. Bahan ini keras dan rapuh.
Besi-tuang dapat melumas sendiri karena adanya zat-arang bebas (= grafit)

sedangkan paduan-sinter itu berpori dan dapat dibuat melumas sendiri pula. Berhubung dengan sifat yang telah disebutkan di atas tadi, kedua macam bahan ini sesuai untuk dipakai pada pembebanan rendah tanpa sentakan dan untuk kecepatan rendah.

Akhirnya dapat dipakai sebagai bahan untuk bantalan-luncur bahan plastik yang bukan logam, kayu-pok dan arang.
Dari bahan plastik itu dapat disebutkan di sini nilon, delrin, arnit dan bakelit, pertinaks atau novoteks. Bahan tersebut cukup keras, akan tetapi kenyal, mempunyai sifat luncur yang sempurna, selanjutnya daya antar panasnya kurang baik.
Berhubung dengan sifat tersebut tadi, bahan ini cocok untuk pembebanan dengan sedikit sentakan dan kecepatan rendah. Keburukan dari nilon ialah, bila digunakan disekitar tempat yang basah, nilon itu menyerap air dan kemudian mengalami pembesaran voluma (lihat gambar 15.61).
Kayu-pok adalah keras, akan tetapi kenyal dan bila bersinggungan dengan air, kayu-pok tersebut menjadi agak berlemak. Berhubung dengan sifatnya yang terakhir ini, bahan itu dapat melumas sendiri dan cocok untuk dipakai di bawah permukaan air.
Arang itu keras dan rapuh dan mempunyai ketahanan kimia yang sempurna.
Berhubung dengan sifatnya yang terakhir ini, bahan tersebut sesuai untuk dipakai dalam alat-kimia.

Perunggu

Umum

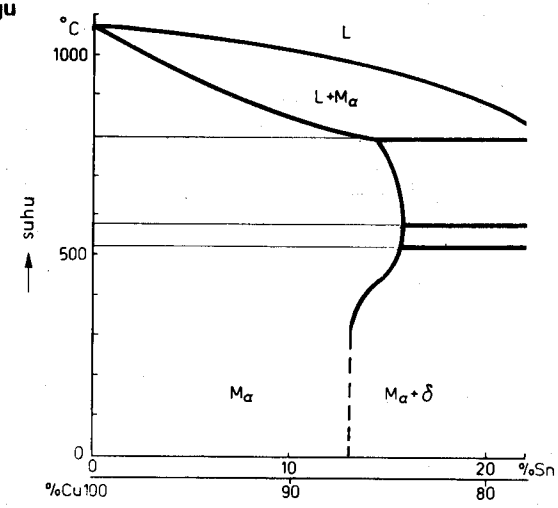
Perunggu adalah paduan dari tembaga dengan timah dalam segala macam perbandingan dan disamping itu dapat juga mengandung seng dan/atau timbel.

Timah membuat tembaga lebih keras dan karena itu bahan dapat disudip lebih sempurna.
Seng memperbaiki sifatnya untuk dapat dituang. Timbel memperbaiki sifatnya untuk dapat disudip lebih sempurna dan sifat luncur yang lebih baik. Akan tetapi timbel mengurangi kekerasan bahan.

Paduan dengan timah sampai 13% menghasilkan hablur-campuran x (M_x) (lihat gambar 11.03). Paduan menjadi lebih keras, bila kadar timah ditingkatkan. Paduan dengan timah lebih dari 10% telah menjadi demikian keras, sehingga tidak dapat lagi dicanai; jadi bahan ini hanya terdapat dalam bentuk paduan tuangan.

Paduan yang mengandung timah lebih dari 13% menghasilkan hablur-campuran x + hablur d (M_x + d) (lihat gambar 11.03). Hablur d ialah persenyawaan Cu_4S_n yang keras. Oleh karena pada paduan ini terdapat hablur keras dalam massa-dasar yang lebih lunak, maka paduan tersebut sangat cocok untuk digunakan pada alat-bagian dengan beban tinggi seperti bantalan-luncur, tabung uliran dan sebagainya.

Sebagai bahan pencegah oksidasi kepada perunggu ditambahkan beberapa per seribu prosen fosfor. Fosfor itu mempunyai afinitas yang lebih besar terhadap zat-asam daripada timah. Jadi dengan demikian lebih dahulu akan terjadi oksid-fosfor daripada oksid-timah. Oksid-fosfor akan menghilang dari bahan berupa gas.
Oksid timah tinggal dalam bahan berupa zat-padat dan memberi sifat yang buruk kepada perunggu



Gambar 11.03

Penunjukan yang dinormalisasikan

Cara penunjukan lama: Br, dengan tambahan bilangan untuk kadar unsur paduan dan didahului oleh huruf G untuk perunggu-tuang atau K untuk perunggu-remas (umpamanya GBr 14).

Cara penunjukan baru: Cu, dengan tambahan simbol kimia serta bilangan masing-masing untuk unsur paduan dan kadar dari unsur-paduan yang didahului oleh huruf G untuk paduan-tuangan (Ump. GCuSn14).
Untuk jelasnya dapat dicatat di sini, bahwa GBr 14 itu adalah cara penunjukan lama untuk GCuSn14.

Jenis, sifat dan penggunaannya

Perunggu terbagi dalam dua kelompok, yaitu paduan-tuangan tembaga-timah dan paduan-remas tembaga-timah.

Paduan-tuangan itu dibagi pula dalam empat kelompok.

Kelompok pertama terdiri dari jenis GCuSn14 (GBr 14), GCuSn12 dan GCuSn10 (GBr 10) dengan masing-masing mengandung timah 14, 12 dan 10%. Kekerasan paduan semacam ini berkurang, bila kadar timahnya menurun. Jadi yang paling keras ialah paduan GCuSn14 (GBr 14). GCuSn14 (GBr 14) mengandung timah lebih dari 13% dan karena itu terdiri dari hablur-campuran α + Hablur δ ($M_\alpha + \delta$) Oleh sebab itu paduan ini dipakai untuk alat-bagian yang mendapat beban tinggi. GCuSn12 dan GCuSn10 (GBr 10) masing-masing digunakan untuk roda-gigi yang dibebani berat/-bantalan-luncur dengan beban sedang dan alat-bagian yang mendapat beban sentakan.

Kelompok yang kedua terdiri dari jenis GCuSn10Zn2 (GBr 10-2) dengan 10% timah dan 2% seng. Seng memperbaiki sifat dapat dituangnya. Paduan itu digunakan untuk keperluan umum.

Kelompok yang ketiga terdiri dari jenis GCuSn5Pb5Zn5, yang mengandung timah 5%, timbel 5% dan seng 5%. Timbel memperbaiki sifat dapat disudip bahan. Akan tetapi mengurangi kekerasannya. Seng memperbaiki sifat dapat dituangnya. Paduan ini dipakai untuk keperluan umum.

Kelompok yang keempat terdiri dari jenis GCuSn10Pb10 (GBr 10-10), GCuSn8Pb15 (GBr 8-15) dan GCuSn5Pb20. Kekerasan dari jenis paduan ini berkurang dengan menurunnya kadar timah dan meningkat dengan kadar-timbel yang lebih besar, sedangkan sifat-luncur dari jenis paduan ini bertambah baik dengan meningkatnya kadar timbel. Paduan ini digunanakan untuk bantalan-luncur. Beban harus diturunkan pada kadar timah yang lebih rendah dan kadar timbel yang lebih tinggi, sedangkan kecepatan dapat ditingkatkan pada kadar timbel yang lebih tinggi.

Jadi GCuSn10Pb10 (GBr 10-10) sesuai untuk pembebanan tinggi dan kecepatan rendah, sedangkan GCuSn5Pb20 cocok untuk pembebanan rendah dan kecepatan tinggi.

Antara berbagai macam paduan-remas terdapat jenis CuSn7 dan CuSn9. Kedua jenis ini keras seperti pegas. Paduan ini diperdagangkan terutama dalam bentuk pelat, batang, pipa dan kawat dan disamping itu sangat cocok untuk pegas, umpamanya pegas-kontak.

Logam-putih

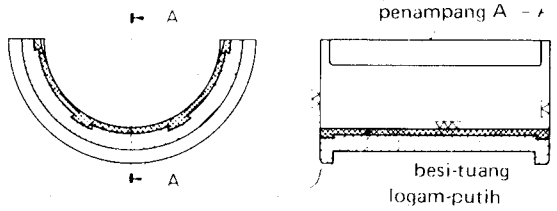
Umum

Logam-putih adalah paduan dari timah, antimon, tembaga dan timbel.

Timah perlunya untuk membuat massa-dasar yang lunak.
Antimon sampai maksimum 6,8% dapat larut dalam timah. Dengan demikian terbentuk hablur-campuran β(M_β) yang keras.
Tembaga dengan sebagian dari timah memberi persenyawaan keras Cu4Sn.
Timbel, bila hanya sedikit digunakan, akan memperbaiki sifat-luncur paduan. Timbel mempertinggi titik-lumer, akan tetapi mengurangi kekerasan bahan.

Paduan semacam ini sangat cocok untuk bantalan-luncur, karena pada paduan terdapat hablur keras dalam massa-dasar yang lunak.

Kekuatannya rendah, berhubung dengan tingginya kadar timah atau kadar timbel; oleh sebab itu logam-putih dituang sebagai bahan pelapis pada bantalan (lihat gambar 11.04).



Gambar 11.04.

Penunjukan yang dinormalisasikan

GISn dengan ditambah bilangan masing-masing untuk kadar timah, antimon, tembaga dan timbel atau GIPb tanpa tambahan bilangan. Huruf GI berarti logam-luncur.

Jenis, sifat dan penggunaan.

Logam-putih terbagi atas logam-luncur dengan kadar-timah yang tinggi, logam-luncur dengan kadar-timah yang rendah dan logam-luncur dengan sedikit timah, tapi dengan kadar-timbel tinggi.

Logam-luncur dengan kadar-timah yang tinggi terdiri dari jenis GISn 92-4-4, GISn 83-10-7, GISn 82-10-6-2 dan GISn 78-13-6-3. Kekerasan dari paduan jenis ini bertambah besar dengan ditingkatkannya kadar-antimon dan kadar-tembaga. Jadi yang paling keras ialah GISn78-13-6-3. Karena kadar-timbelnya rendah paduan ini memiliki semua sifat-luncur yang baik dan kadar-timah yang tinggi, menurunkan titik lumernya. Logam-luncur ini sesuai untuk pembebanan tinggi dan kecepatan tinggi pada suhu-kerja yang rendah.

Logam-luncur dengan kadar-timah yang rendah terdiri dari jenis GISn 10-15-1-74, GISn 9-15-2-70 dan GISn 5-15-1-79. Logam-luncur ini tidak begitu keras, karena tingginya kadar-timbel; selain dari itu sifat-luncurnya kurang sempurna dan titik-lumernya tinggi. Paduan ini cocok untuk pembebanan sedang dan kecepatan menengah pada suhu-kerja yang lebih tinggi.

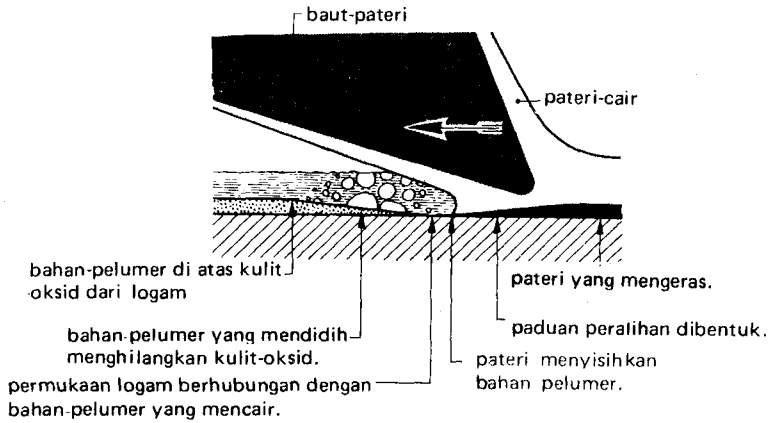
Logam-luncur dengan sedikit timah dan kadar-timbel yang tinggi, terdiri dari jenis GIPb dengan timbel sekurang-kurangnya 95%. Logam-luncur semacam ini lebih kurang keras lagi, karena tingginya kadar-timbel; selain dari itu sifat-luncurnya lebih kurang sempurna pula dan titik-lumernya lebih tinggi. Paduan sejenis ini sesuai untuk pembebanan sedang dan kecepatan sedang pada suhu-kerja yang lebih tinggi.

BAHAN UNTUK MEMATERI [1)]

Umum

Mematerі adalah menyambung logam dengan menggunakan logam-lumer, sedangkan logam yang akan disambung itu *tidak* dilumerkan. Jadi titik-lumer dari paduan-pateri itu harus lebih rendah daripada titik-lumer bagian-bagian yang akan disambungkan.

1. Sedapat mungkin dibahas bersamaan dengan pokok yang sama pada pelajaran tentang perkakas dan pesawat perkakas.



Gambar 11.05

Untuk pekerjaan mematerі diperlukan permukaan logam yang bersih dan bebas dari oksid. Untuk keperluan tersebut logam harus dibersihkan lebih dahulu dengan cara mekanis dan sesudah itu oksid yang terjadi setelah dibersihkan dapat dilarutkan dengan menggunakan bahan-cairan tertentu. Selain dari itu bahan-cairan tersebut harus dapat mencegah pembentukan oksidasi selanjutnya.
Waktu sedang mematerі, paduan-pateri itu menyisihkan bahan-cairan dan sesudah itu baru berpadu dengan logam yang akan disambung (lihat gambar 11.05). Dengan demikian terjadi suatu sambungan yang biasanya lebih kuat daripada paduan pateri sendiri.

Sistim mematerі

Antara lain dapat dibedakan sistim mematerі sebagai berikut:

1. Mematerі dengan baut-pateri.
   Baut-pateri itu dapat dipanaskan secara tidak terus-menerus dalam dapur atau dalam nyala-api dan secara terus-menerus oleh bensin, gas atau listrik.
2. Mematerі dengan nyala-api.
   Nyala-api dapat diperoleh dengan menggunakan lampu-pateri atau lampu ubub dan dengan pembakar gas.

3. Memateri dengan sistim celup.
   Di sini benda-kerja, yang telah diberi pateri dan bahan-pelumer dan yang dipasang dalam sebuah mal, dicelupkan ke dalam suatu macam cairan, yang suhunya lebih tinggi daripada titik-lumer paduan-pateri.
4. Memateri dalam oven.
   Di sini benda-kerja, yang telah diberi pateri dan bahan pelumer dan yang dipasang dalam sebuah mal, dimasukkan ke dalam sebuah oven yang mempunyai suhu lebih tinggi daripada titik-lumer paduan-pateri. Untuk mencegah oksidasi, pematerian dilakukan dengan gas yang bersifat reduksi.

Jenis pateri

Kita mengenal jenis-pateri sebagai berikut:

1. Pateri-keras.
   Pada pateri-keras termasuk tembaga-pateri dan perak-pateri dengan titik-lumer di atas 300°C dan yang dapat dipateri dengan nyala-api, dengan jalan pencelupan dan dalam sebuah oven.
   Dengan cara demikian dapat diperoleh sambungan yang kuat.
2. Pateri-lunak.
   Pada pateri-lunak termasuk timah-pateri, yang mempunyai titik-lumer sampai 300° C dan yang dapat dipateri dengan baut-pateri, dengan nyala-api, dengan cara pencelupan dan dalam sebuah oven.
   Dengan cara demikian kita memperoleh sambungan yang tidak begitu kuat, tapi yang dapat digunakan untuk penyematan mekanis, untuk perapatan, untuk menghaluskan bagian yang kurang rata, untuk pengantar listrik dan untuk penyepuhan timah.

Bahan-pelumer.

Kita mengenal bahan-pelumer sebagai berikut:

1. Bahan-pelumer dengan dasar-asam.
   Bahan-pelumer ini melarutkan oksid dan mencegah oksidasi baru. Setelah pematerian selesai, sambungan dengan keadaan di sekitarnya harus dibersihkan guna mencegah pemakanan oleh asam.
   Pada bahan-pelumer dengan dasar-asam termasuk boraks, khlorida-seng dan asam-garam.
   Boraks dipakai untuk pematerian keras terhadáp baja, besi-tuang, tembaga dan paduan tembaga.
   Khlorida-seng dipakai untuk pematerian lunak terhadap baja, besi-tuang,

tembaga dan paduan-tembaga dan asam-garam untuk pematerian lunak seng dan benda yang disepuh seng.
2. Bahan-pelumer dengan dasar-damar.
   Bahan-pelumer ini tidak melarutkan oksid, akan tetapi dapat mencegah oksidasi baru. Setelah selesai dengan pematerian, sambungan dan keadaan di sekitarnya tidak perlu dibersihkan. Jadi dengan bahan-pelumer semacam ini kita dapat memperoleh sambungan yang bersih.
   Cara yang demikian terutama digunakan dalam teknik listrik dan elektronika, yaitu untuk pematerian lunak logam yang sukar mengoksid, seperti tembaga dan paduan-tembaga, timah dan barang yang disepuh timah dan timbel.
3. Bahan-pelumer dengan dasar-gemuk.
   Bahan-pelumer ini mempunyai sifat yang kira-kira serupa dengan sifat yang terdapat pada dasar-damar.
   Bahan ini dipakai untuk pematerian lunak logam yang sukar mengoksid, seperti umpamanya timah dan barang yang disepuh timah dan timbel.

Tembaga-pateri dan perak-pateri.

Umum

Tembaga-pateri adalah tembaga murni atau paduan dari tembaga dengan seng atau fosfor, yang disamping itu dapat pula mengandung beberapa macam unsur yang lain.

Perak-pateri pada umumnya adalah paduan antara tembaga dan perak dengan seng, yang disamping itu dapat pula mengandung beberapa macam unsur lainnya.

Seng menurunkan titik-lumer pateri.
Fosfor membuat pateri sangat encer, akan tetapi membuat sambungan hampir tak dapat dirobah bentuknya.
Perak membuat pateri menjadi encer sekali dan disamping itu membuat sambungan dapat dirubah bentuknya dengan sempurna.
Kadmium menurunkan titik-lumer pateri.
Manggan meningkatkan kekuatan sambungan pada suhu yang tinggi.

Penunjukan yang dinormalisasikan

Tembaga-pateri ditunjukkan dengan S—Cu dengan tambahan sebuah bi-

langan untuk kadar-tembaga dan biasanya diikuti oleh suatu simbol kimia untuk unsur paduan yang lain (umpamanya S – Cu 60 Zn dan S – Cu 93 P). Perak-pateri ditunjukkan oleh S–Ag, dengan tambahan bilangan untuk kadar-perak dan biasanya diikuti oleh simbol kimia untuk unsur-paduan yang lain (umpamanya S–Ag25 dan S–Ag30Cd).

Jenis, sifat dan penggunaan

Tembaga-pateri dan perak-pateri yang sangat banyak jenisnya dibagi dalam enam kelompok.
Dari tiap kelompok hanya akan dibahas jenis yang pertama dan dari jenis yang lain hanya akan diberi beberapa catatan.

Kelompok pertama terdiri dari jenis S–Cu dengan kira-kira 100% tembaga. Karena pateri ini logam murni, titik-lumernya tinggi, yaitu 1083° C dan sangat encer pada suhu tersebut. Digunakan dalam oven untuk memateri besi, nikel dan paduannya.

Kelompok kedua antara lain terdiri dari jenis S–Cu60Zn dengan tembaga 60%. Pateri ini encer sekali karena trayek pelumerannya kecil (lihat gambar 11.01). Digunakan untuk berbagai macam keperluan. Jenis yang lain mengandung lebih sedikit tembaga dan terhadap beberapa jenis ditambahkan nikel.

Kelompok yang ketiga antara lain terdiri dari jenis S–Cu93P dengan tembaga 93%. Pateri sangat encer karena adanya fosfor, akan tetapi sambungannya hampir tak dapat dibentuk. Digunakan untuk memateri tembaga dan paduannya. Jenis yang lain lebih sedikit mengandung tembaga dan pada kebanyakan jenis ditambahkan perak, guna memperbaiki sifat dapat dibentuknya sambungan.

Kelompok yang keempat antara lain terdiri dari jenis S–Ag25 dengan 25% perak. Pateri ini digunakan untuk keperluan umum. Jenis yang lain mengandung lebih banyak perak untuk memperbaiki sifat-encer pateri.

Kelompok yang kelima antara lain terdiri dari jenis S–Ag30Cd dengan 30% perak. Karena adanya kadmium pateri mempunyai trayek-lumer yang rendah sebesar 600 – 690° C. Pateri ini digunakan untuk keperluan umum. Jenis yang lain mengandung lebih banyak perak, guna memperbaiki sifat-encer pateri dan sifat dapat dibentuknya sambungan.

Kelompok yang keenam antara lain terdiri dari jenis S– Ag 49 Cu Mn Ni dengan perak 49%. Karena kadar-peraknya agak tinggi, bentuk sambungannya dapat dirubah. Pateri ini digunakan untuk memateri logam keras dan juga cocok untuk baja tahan karat yang stabil. Jenis yang lain mengandung lebih banyak perak untuk memperbaiki sifat-encer pateri dan dalam beberapa hal lebih banyak manggan untuk memperbaiki kekuatan sambungan pada suhu yang tinggi.

Berhubung dengan tingginya titik-lumer terakhir, maka tembaga-pateri dan perak-pateri dinamakan pateri-keras dan pematrian dengan baut-pateri tidak mungkin lagi dilakukan.
Pateri-keras diperdagangkan dalam bentuk kawat dan/atau bentuk butir-butir.

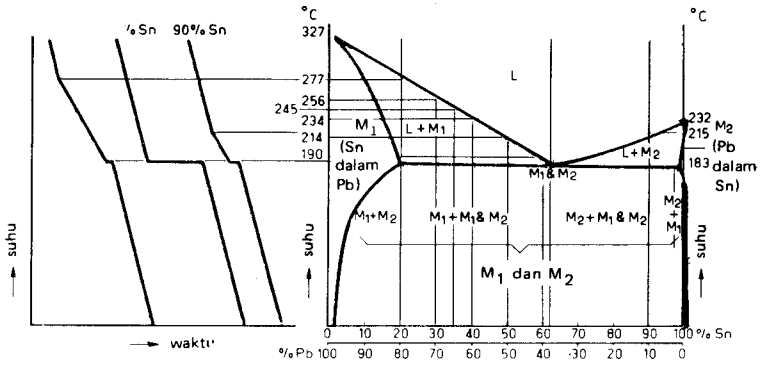
Timah-pateri

Umum

Timah pateri adalah paduan dari timah dan timbel dalam berbagai macam perbandingan dan disamping itu juga dapat mengandung antimon, perak atau kadmium.
Timah menurunkan titik-lumer pateri dan mengencerkan pateri itu.
Timbel mengentalkan pateri.
Antimon dapat larut dalam timah sampai maksimum 6,8%.
Dengan demikian terbentuk hablur-campuran β (M_β) yang menguatkan sambungan pateri.
Perak mempertinggi titik-lumer pateri.
Kadmium menurunkan titik-lumer pateri.

Diagram pembekuan timbel dan timah dilukiskan dalam gambar 11.06. Paduan dengan 62% timah mempunyai susunan eutektis (lumer dengan sempurna) dengan *titik-lumer* sebesar 183° C. Jenis-pateri dengan titik-lumer itu encer sekali, karena pateri tersebut lumer pada suhu tetap. Setelah pematerian selesai, pateri itu membeku kembali pada suhu tetap dengan membentuk campuran eutektis khusus dari hablur-halus. Hablur yang halus memperkuat sambungan, yang dapat dibentuk dengan sempurna. Jenis pateri semacam ini biasanya digunakan terhadap barang halus.
Paduan yang lain mempunyai *trayek-lumer* dengan suhu terendah untuk kebanyakan paduan sebesar 183° C. Makin jauh susunan itu menyimpang dari 62% timah, umpamanya dengan penambahan lebih banyak timbel, makin besar pula trayek-lumer itu untuk kebanyakan paduan. Jenis pateri

dengan trayek-lumer yang besar itu kental dan dinamakan pateri-lumas. Pateri semacam ini terutama banyak digunakan sebagai bahan pengisi yang murah dalam menyelesaikan bagian-bagian yang tidak rata pada dinding kendaraan bermotor dan disamping itu untuk mematerí pipa-timbel, kabel dan sebagainya.



Gambar 11.06

Daya-antar listrik dari paduan-pateri meningkat bersama dengan kadar-timah.

Paduan pateri yang terkena langsung dengan bahan makanan harus mengandung timbel sedikit sekali, berhubung dengan kemungkinan adanya racun. Akan tetapi ini tidak perlu demikian, jikalau sambungan pateri itu dilak. Dalam hal ini digunakan paduan-pateri dengan sedikit timah, karena paduan itu mempunyai trayek-lumer yang kecil (lihat gambar 11.06).

Dengan timah-pateri biasanya dapat dipateri dengan baik: baja, tembaga, timbel, seng, nikel dan paduan-paduannya. Besi-tuang dapat juga dipateri setelah disepuh timah lebih dahulu. Aluminium sukar untuk dipateri.

Penunjukan yang dinormalisasikan

S, dengan tambahan bilangan untuk kadar-timah dan kadang-kadang diikuti oleh simbol kimia untuk unsur-paduan yang lain (umpamanya S50 dan S50Cd).

Jenis, sifat dan penggunaan

Timah-pateri itu ada 9 macam, tujuh macam di antaranya dengan kadar timah dan timbel yang berbeda-beda dan dua macam yang lain dengan penambahan perak atau kadmium.
Ketujuh macam timah-pateri dengan kadar-timah dan timbel yang berbeda-beda itu ialah S20, S30, S35, S40, S50, S60, S90 dan dua macam lagi yang diberi penambahan perak dan kadmium ialah S1Ag dan S50Cd.

Ketujuh macam timah-pateri dengan kadar timah dan timbel yang berbeda-beda itu telah diperlihatkan pada gambar 11.06 dengan berupa garis vertikal.
Di sini ternyata bahwa trayek-lumer menjadi jauh lebih kecil dengan meningkatnya kadar-timah sampai 62% dan sedikit menjadi besar kembali bila kadar-timah itu ditingkatkan mulai dari 62%. Jadi S20 mempunyai trayek-lumer yang paling besar dan S60 mempunyai trayek-lumer yang paling kecil.

S20 digunakan sebagai bahan-isi yang murah pada pekerjaan penghalusan bagian-bagian yang tidak rata dari bodi kendaraan bermotor.
S30, S35 dan S40 digunakan untuk mematerí pipa timbel dan kabel, pesawat penukar panas, pesawat pendingin dan radiator mobil, alat-bagian elektronis yang kecil dan pipa elektron dan sebagainya.
Pada S40, S30, S35 dan S40 pematerian dilakukan dengan nyala-api. Pada S40 pematerian dapat juga dilakukan dengan baut pateri dan menurut sistim pateri pencelupan.
S50 digunakan untuk keperluan umum.
S60 digunakan untuk mematerí pekerjaan halus, dimana dipentingkan sifat encer pateri, suhu-lumer yang rendah dan pembekuan yang cepat dan juga untuk mematerí sambungan yang kuat dan yang dapat dibentuk.
S90 dipakai untuk penyepuhan timah permukaan logam dalam industri bahan makanan dan untuk penyepuhan timah piringan bantalan.
Pada S50, S60 dan S90 pematerian dilakukan pakai baut pateri.

Jenis S20, S30, S35, S40 dan S50 dapat juga diperoleh dengan campuran antimon sebesar 1 sampai 3%.
Pateri ini tidak sesuai untuk memateri seng dan barang yang disepuh seng. Di sini pematerian dilakukan dengan nyala-api.

S1Ag dengan 1,5% perak, berhubung dengan *titik-lumernya* yang tinggi, yaitu sebesar 309°C, digunakan untuk memateri sambungan yang dalam pemakaiannya harus tahan suhu yang tinggi. Pemateriannnya dengan nyala-api.

S50Cd dengan kadmium 17%, berhubung dengan *titik-lumernya* yang rendah, yaitu sebesar 145° C, digunakan untuk pematerian kaleng yang dilak dan untuk pematerian kembali barang yang telah dipateri sebelumnya. Di sini pematerian dilakukan dengan baut pateri.

Timah-pateri dinamakan pateri-lunak, karena titik-lumernya yang rendah. Pateri-lunak itu diperdagangkan dalam bentuk sebagai berikut: berupa blok, batang, jalur, fuli, kawat, kawat berlubang yang berisi bahan pelumer, tepung yang bercampur bahan-pelumer dan berupa butir.

BAHAN UNTUK MENGELAS [1)]

Mengelas ialah menyambung logam dengan atau tanpa logam-lumer tambahan, di mana bagian-bagian logam yang akan disambung itu *dilumerkan* pada tempat penyambungan.

Di bawah ini hanya akan dibahas bahan untuk las otogen dan untuk las-busur logam.

Bahan untuk las otogen

Bahan yang paling penting untuk las otogen ialah gas-asetilen, zat-asam dan kawat-las.

1. Sedapat mungkin dibahas bersamaan dengan pokok yang sama dalam pelajaran mengenai perkakas dan mesin perkakas.

Gas-asetilen dan zatasam bersama-sama menimbulkan sumber-panas, kawat las harus memberi bahan-lumer kepada bagian yang akan dilas.

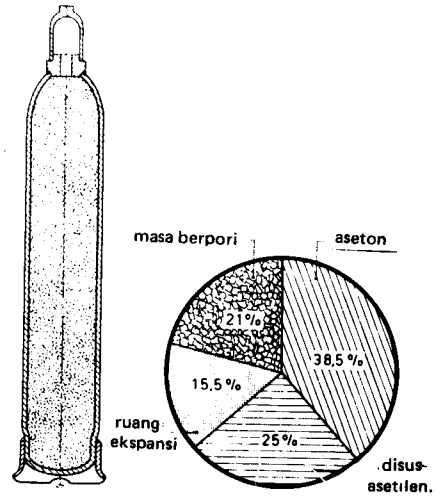
Gas-asetilen.

Gas-asetilen adalah zatair-karbon (=arang) yang tidak jenuh dengan rumus struktur H–C≡C–H.

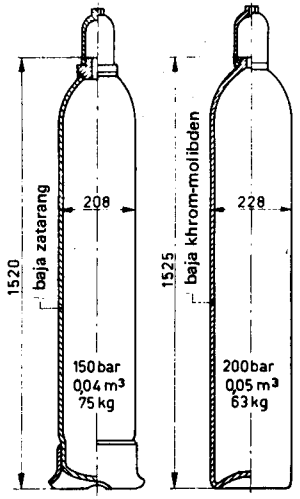
Gas itu diperoleh dari karbid dan air menurut persamaan kimia:

$$CaC_2 + 2\,H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2\uparrow$$

Gas-asetilen diolah dalam sebuah ketel pembangkit. Pada dasarnya kita mengenal dua macam alat pembangkit, yaitu dengan sistim pelemparan, di mana karbid dilemparkan ke dalam air dan dengan sistim-tetesan, di mana air diteteskan di atas karbid. Gas-asetilen diperdagangkan dalam botol. Tekanan gas dalam botol ini ialah 15 bar. Untuk mencegah eksplosi-diri (self-explosion) gas-asetilen itu dilarutkan dalam aseton, yang berada dalam suatu masa-isi yang berpori (lihat gambar 11.07). Gas-asetilen yang diperoleh dengan cara demikian rupa dinamakan gas-disus asetilen (acetyleendissousgas).



Gambar 11.07
Botol asetilen dan pembagian ruang botol secara bagan. Hanya 25% terisi oleh gas



Gambar 11.08
Botol zatasam. Perbedaan antara botol model lama dengan model baru.

Zatasam

Pada suhu biasa, zatasam itu berupa gas yang tidak berwarna, tidak berbau dan yang tidak mempunyai rasa.
Zatasam diperoleh dengan jalan penyulingan bertingkat dari udara yang dicairkan atau dengan jalan elektrolisis terhadap air.
Zatasam dapat diperoleh dalam botol. Gas yang terdapat dalam botol baja zatarang bentuk yang lama, mempunyai tekanan 150 bar, sedangkan yang terdapat dalam botol-baja khrom-molibden bentuk yang baru, ditingkatkan sampai 200 bar (lihat gambar 11.08).

Kawat-las

Kawat-las terbuat dari baja dengan zatarang (C) 0,1% (dan Mn 0,4 @ 0,5%).

Bahan untuk las-busur logam

Bahan yang terpenting untuk las-busur logam ialah elektroda.

Elektroda

Elektroda ialah batang logam yang dibuat pakai suatu lapisan.
Batang logam itu perlunya untuk memberi bahan lumer kepada las.
Lapisan batang mempunyai banyak fungsi. Fungsinya yang terpenting ialah, untuk membentuk terak guna melindungi logam yang sedang mencair terhadap pengaruh zatasam dan zatlemas dari udara. Zatasam itu dapat membuat persenyawaan oksid dengan unsur zatarang, silsium dan manggan, yang membuat bahan menjadi kental dan mengurangi sifat-sifat mekanisnya. Zatlemas dengan unsur besi akan bersenyawa menjadi nitrida, yang mengurangi sifat dapat dibentuknya.
Pelapis batang elektroda dapat diterapkan menurut dua cara, yaitu dengan cara pencelupan dan dengan cara pengempaan.
Susunan dari batang logam tergantung dari bahan yang akan dilas.
Jenis pelapis batang tergantung dari bahan yang akan dilas, dari kecepatan mengelas yang diinginkan dan dari posisi las.
Jenis bahan pelapis batang yang terpenting ialah sebagai berikut:

1. Bahan pelapis asam (ferri).
   Elektroda dengan bahan pelapis asam ditunjukkan dengan huruf A. Huruf A itu adalah huruf pertama dari kata "acid", yang berarti asam (dalam hal ini juga huruf pertama dari kata "asam").

   Bahan pelapis terdiri atas tepung logam yang mengoksidasikan dan yang mengreduksikan, sedangkan teraknya mereaksi asam.
   Elektrodanya encer sekali dan membeku lamban.
   Sifat mekanis dari las baik sekali.

2. Bahan pelapis basa.
   Elektroda dengan bahan pelapis basa ditunjukkan dengan huruf B. Huruf B itu adalah huruf pertama dari "basic" (dalam hal ini juga huruf pertama dari kata "basa").
   Bahan pelapis terutama terdiri dari kalsit (= calsite), yang teraknya mereaksi basa.
   Bahan pelapis itu biasanya sangat peka terhadap air.
   Elektroda tersebut kental dan membeku dengan cepat.
   Sifat mekanis dari lasnya baik sekali.

3. Bahan pelapis oksid-besi
   Elektroda dengan bahan-pelapis oksid-besi ditunjukkan dengan huruf O. Huruf O itu adalah huruf pertama dari kata oxidizing (dalam hal ini juga dari kata oksidasi).
   Bahan-pelapis terutama terdiri dari oksid-besi.
   Elektroda ini sangat encer dan membeku dengan lamban.
   Las dengan elekroda ini dapat dikerjakan secara "menyeret" (=trailing).
   Sifat mekanis dari las sedang.

4. Bahan-pelapis rutil (=rutile).
   Elektroda dengan bahan-pelapis rutil ditunjukkan dengan huruf R. Huruf R itu adalah huruf pertama dari kata "rutile" (dalam hal ini juga dari kata "rutil").
   Bahan-pelapis terutama terdiri dari oksida-titan, yang teraknya mereaksi netral.

Elektroda itu dapat:
a. kental dan cepat membeku;
b. setengah kental dan membeku dengan kecepatan sedang;
c. encer dan membeku lamban.
Sifat mekanis dari las dengan elektroda menurut a, b dan c adalah baik.

Jikalau elektroda itu kental dan cepat membeku, maka dengan kekentalannya tersebut tidak mungkin dicapai kecepatan las yang besar; karena kecepatannya untuk membeku ini, elektroda tersebut sesuai untuk segala macam posisi las.

Jikalau elektroda itu encer dan membeku dengan lamban, maka dengan keencerannya tersebut dapat dicapai kecepatan las yan besar; akan tetapi berhubung dengan lambannya pembekuan berlangsung, elektroda tersebut hanya sesuai untuk las horisontal, las-sudut yang ditidurkan dan las-sudut berdiri.

Cara menyimpan elektroda.
Elektroda yang dilapis mengambil air dari udara, sehingga waktu mengelas terjadi uap dan pembentukan terak yang baik menjadi terganggu. Permukaan las menjadi kasar dan tidak teratur.
Oleh sebab itu elektroda yang dilapis harus disimpan dalam lemari pengering.

IKHTISAR RINGKAS PELAPISAN ELEKTRODA

No	Penunjukan	Jenis	Sifat	Penggunaan
1	A (acid)	pelapis asam (tepung logam yang mengoksidasikan dan mereduksikan)	encer membeku lamban sifat mekanis baik	kecepatan mengelas besar; las horisontal, las-sudut ditidurkan, las-sudut vertikal.
2	B (basic)	Bahan pelapis basa (kalsit) (peka air)	kental cepat membeku sifat mekanis sangat baik	kecepatan mengelas tidak besar; semua kedudukan las.
3	O (oksidasi)	Bahan pelapis-oksid besi	sangat encer, membeku sangat lamban, sifat mekanis sedang	kecepatan mengelas sangat besar las horisontal. (menyeret (=trailing))
4	R (rutil)	Bahan pelapis rutil (oksid titan)	kental cepat membeku sifat mekanis baik	kecepatan mengelas tidak besar semua kedudukan las
			setengah kental, membeku dengan kecepatan sedang, sifat mekanis baik	kecepatan mengelas sedang semua kedudukan las, kecuali mengelas ke bawah secara vertikal
			encer membeku lamban sifat mekanis baik	kecepatan mengelas besar, mengelas horisontal, las-sudut ditidurkan dan las sudut tegak

IKHTISAR PADUAN NON-FERRO YANG BERAT

PADUAN TEMBAGA

loyang
* tembaga
seng
timbel

BAHAN UNTUK BANTALAN-LUNCUR

metal-luncur keras

perunggu
* tembaga
timah
seng
timbel

PADUAN TIMAH DAN PADUAN TIMBEL

metal-luncur lunak

logam-putih
* timah
antimon
tembaga
* timbel

BAHAN UNTUK MEMATERI

pateri-keras

tembaga-pateri
* tembaga
seng atau fosfor
perak

perak-pateri
* tembaga
* perak
seng
kadmium
manggan

pateri-lunak

timah-pateri
* timah
* timbel
antimon
perak
kadmium

* = unsur-utama

PERPUSTAKAAN WILAYAH DEP. P DAN K
Jl. Walikota Mustajab. 68
SURABAYA

IKHTISAR RINGKAS PADUAN TEMBAGA–SENG

kelompok	no.	Penunjukan		syarat kimia				syarat mekanis				Sifat-sifat	Penggunaan
		yang baru	yang lama	kadar dalam % nominal				σ_R min. N/mm²	σ_B min. N/mm²	A dp 5 min. %	HB min. N/mm²		
				Cu	Zn	Pb	Sn						
paduan tuangan tembaga-seng	—	—	GMs 00										
	1	GCuZn15	(GMs 82)	85	sisa			60	170	20	500	(sifat dapat dituang dan sifat dapat disudip bertambah besar dengan meningkatkan kadar-seng)	flensa-pateri
	2	GCuZn35	(GMs 67)	65	sisa			60	150	10	500		penggunaan umum
	3	GCuZn40	GMs 60	60	sisa			80	200	12	500		
paduan-remas tembaga-seng	1	CuZn15	KMs 85	85	sisa		—	—	—	—	—	(sifat dapat dibentuk berkurang dengan meningkatnya kadar-seng)	terutama untuk pelat; sesuai untuk tarikan ke dalam dan untuk tenaga paksaan.
	2	CuZn30	(KMs 72)	70	sisa		—	—	—	—	—		
	3	CuZn33	KMs 67	67	sisa		—	—	—	—	—		
	4	CuZn37	KMs 63	63	sisa		—	—	—	—	—		
	5	CuZn40	KMs 60	60	sisa		—	—	—	—	—		
	1	CuZn40Pb3	(KMs 58)	57	sisa	3	—	—	—	—	—	karena kadar seng tinggi dan kadar timbel rendah dapat disudip dengan baik.	terutama untuk batang dan profil; sesuai untuk pembuatan massal pada otomat-pabrik.
	2	CuZn39Pb2	—	59	sisa	2	—	—	—	—	—		

Untuk ikhtisar lengkap dari paduan tembaga, lihat NEN 6025 dan NEN 6030.

PENGARUH DARI UNSUR-PADUAN DALAM PADUAN NON-FERRO YANG BERAT

	tembaga	timah	timbel	seng	antimon	perak	kadmium	manggan	fosfor
loyang	*		H⁻ V⁺	H⁺ V⁺ G⁺ 0–39% M_α T⁺ 39–46% $M_\alpha+M_\beta$ V⁺					
perunggu	*	H⁺ V⁺ 0–13% M_α H⁺ >13% $M_\alpha+\delta$ H⁺⁺	H⁻ V⁺ Gl⁺	G⁺					
logam putih	H⁺ (Cu_4Sn)	*	* Gl⁺ Sm⁺		H⁺ 0–6,8% M_β H⁺				
tembaga-pateri	*			Sm⁻		Vv⁺			Vv⁻D⁺⁺
perak-pateri	*			Sm⁻		* Vv⁺D⁺	Sm⁻	S⁺	
timah-pateri		* D⁺ Sm⁻	* D⁻		S⁺ 0–6,8% M_β S⁺	Sm⁺	Sm⁻		

* = unsur-utama. C = ketahanan korosi; D = ke-enceran; G = sifat dapat dituang; Gl = sifat-luncur; H = kekerasan; S = kekuatan; Sm = titik-lumer; T = kekenyalan; V = sifat dapat disudip ; Vv = sifat dapat dibentuk; + = diperbaiki atau ditingkatkan; – = dikurangi atau diturunkan.

IKHTISAR BAHAN UNTUK BANTALAN-LUNCUR

	sifat-sifat	penggunaan
perunggu (metal-luncur keras)	keras, tapi kenyal, sifat-luncur baik, daya antar panas baik	Sesuai untuk beban tinggi dan kecepatan tinggi.
logam-putih (metal-luncur lunak)	lunak, dengan bagian keras dan kenyal; sifat-luncur baik (tidak memakan); daya-antar panas kurang baik; mudah diganti.	
besi-tuang (perlitis)	keras dan rapuh mengandung grafit (melumas sendiri)	sesuai untuk beban rendah tanpa sentakan dan kecepatan rendah.
paduan-sinter (besi atau tembaga)	keras dan rapuh; berpori (dapat dibuat dengan melumas sendiri).	
plastik nilon, delrin, arnit dan bakelit, pertinaks dan novoteks	agak keras, tapi kenyal; sifat-luncur baik; daya-antar panas buruk	sesuai untuk beban dengan tidak banyak sentakan dan kecepatan rendah.
kayu-pok	keras, tapi kenyal; berlemak (melumas sendiri).	sesuai untuk digunakan ditempat yang berhubungan dengan air.
arang (karbon	keras dan rapuh, ketahanan kimia baik.	sesuai untuk digunakan dalam alat-kimia.

IKHTISAR PADUAN TEMBAGA-TIMAH
(Menurut Nen 6025 dan 6030)

kelompok	no.	Penunjukan		syarat kimia				Syarat mekanis				Sifat	Penggunaan
		cara baru	cara lama	kadar dalam % nominal				σ_B min. N/mm²	σ_B min. N/mm²	A dp 5 min. %	HB min. N/mm²		
				Cu	Sn	Zn	Pb						
paduan tuang tembaga-timah	—	—	GBr 00										
	—	—	GBr 20									(kekerasan menurun pada kadar timah yang lebih rendah)	Alat-bagian dengan beban tinggi
	1	GCuSn14	GBr 14	sisa	14			140	200	2	1100		Roda gigi dengan beban berat
	2	GCuSn12	—	sisa	12			—	—	—	—		Bantalan-luncur beban sedang
	3	GCuSn10	GBr 10	sisa	10			120	240	7	900		Alat-bagian beban sentakan
	—	—	GBr 13–2									karena adanya kadar seng dapat dituang dengan baik	Penggunaan umum
	4	GCuSn10Zn2	GBr 10–2	sisa	10	2		130	250	15	700		
	—	—	GBr 9–6										
	—	—	GBr 8–7–5									Karena adanya kadar timbel dapat (disudip) dengan baik, karena adanya kadar seng dapat dituang dengan baik	Penggunaan umum
	5	GCuSn5Pb5Zn5	—	sisa	5	5	5	100	200	12	600		
	—	—	GBr 5–7–3										
	—	—	GBr 10–4									(kekerasan berkurang dengan menurunnya kadar timah dan meningkatnya kadar timbel, sifat-luncur meningkat dengan kenaikan kadar timbel)	Bantalan-luncur (beban berkurang dengan menurunnya kadar-timah dan dengan meningkatnya kadar-timbel, kecepatan lebih tinggi dengan meningkatnya kadar-timbel.
	6	GCuSn10Pb10	GBr 10–10	sisa	10		10	90	180	7	700		
	—	—	GBr 10–20										
	7	GCuSn8Pb15	GBr 8–15	sisa	8		15	80	160	5	600		
	8	GCuSn5Pb20	(GBr 5–25)	sisa	5		20	60	150	5	500		
paduan-remas tembaga-timah	1	CuSn7	(KBr 6)	sisa	7			—	—	—	—	keras pegas	terutama pelat, batang, pipa dan kawat; sesuai untuk pegas, umpamanya pegas-kontak
	2	CuSn9	—	sisa	9			—	—	—	—		

Untuk ikhtisar-ikhtisar lengkap dari paduan tembaga, lihat NEN 6025 dan NEN 6030.

IKHTISAR RINGKAS METAL–LUNCUR
(Menurut V 1323)

Kelompok	No.	Penunjukan	Syarat kimia: Kadar dalam % nominal Sn	Sb	Cu	Pb	syarat mekanis: σBd min. N/mm^2	*HB* min. N/mm^2	Sifat-sifat	Penggunaan
metal-luncur dengan kadar timah tinggi	1	GISn 92–4–4	92	4	4	–	90	170	(kekerasan bertambah dengan meningkatnya kadar antimon dan tembaga) sifat-luncur baik, karena kadar timbel rendah. Titik-lumer rendah karena kadar timah tinggi.	Sesuai untuk beban tinggi dan kecepatan yang tinggi pada suhu kerja yang rendah.
	2	GISn 83–10–7	83	10	7	–	120	270		
	3	GISn 82–10–6–2	82	10	6	2	160	290		
	4	GISn 78–13–6–3	78	13	6	3	190	310		
metal-luncur dengan kadar timah rendah	5	GISn 10–15–1–74	10	15	1	74	80	250	Karena kadar-timbel tinggi: kurang keras. Sifat-luncur kurang baik. Titik-lumer lebih tinggi	Sesuai untuk beban sedang dan kecepatan menengah pada suhu-kerja yang tinggi.
	6	GISn 9–15–2–70	9	15	2	70	50	250		
	7	GISn 5–15–1–79	5	15	1	79	50	220		
metal-luncur kurang timah dengan kadar timbel tinggi	8	GIPb	sekurang-kurangnya 95% Pb, selanjutnya Sn, Cu dan unsur lain				140	260	Karena kadar timbel sangat tinggi: lebih kurang keras. Sifat luncur lebih kurang baik. Titik-lumer lebih tinggi.	Sesuai untuk beban sedang dan kecepatan menengah pada suhu-kerja yang lebih tinggi

Untuk ikhtisar lengkap tentang metal-luncur, lihat V 1323.

IKHTISAR SISTIM PEMATERIAN

	hal-hal penting
baut pateri	Baut-pateri dapat dipanaskan sebagai berikut: tidak terus-menerus (= kontinu) dalam oven atau nyala-api; terus menerus oleh bensin, gas atau listrik.
nyala-api	Nyala-api dapat diperoleh sebagai berikut: dengan lampu-pateri atau lampu-ubub dan dengan pembakar las.
mencelupkan	Benda-kerja yang telah diberi pateri dan bahan-pelumer dan yang dipasang dalam sebuah mal, dicelupkan ke dalam suatu macam zat-cair dengan suhu yang lebih tinggi daripada paduan-pateri.
oven	Benda-kerja yang telah diberi pateri dan bahan-pelumer dan yang dipasang dalam sebuah mal, dimasukkan ke dalam sebuah oven, yang suhunya lebih tinggi daripada paduan-pateri.

IKHTISAR JENIS PATERI

	paduan pateri	titik-lumer	sistim pemateriran	hal-hal penting
pateri lunak	tembaga pateri perak-pateri	di atas 300° C	— nyala-api — dicelupkan — oven	sambungan kuat
pateri lunak	timah-pateri	sampai 300° C	— baut-pateri (pada kadar-timah tinggi) — Nyala-api (pada kadar-timah rendah) — dicelupkan — oven	Sambungan tidak kuat. Tujuan: penyematan mekanis, penutupan, menyelesaikan yang tidak rata, pengantar-listrik dan penyepuhan timah.

IKHTISAR BAHAN PELUMER

	sifat-sifat	penggunaan: jenis pateri	penggunaan: bahan
dasar-asam: **boraks**	melarutkan oksid	pateri-keras	baja, besi-tuang, tembaga dan paduan tembaga
dasar-asam: **khlorid seng**	mencegah oksidasi baru dan tidak tahan korosi sesudah dipateri (bersihkan)	pateri-lunak	
dasar-asam: **asam-garam**		pateri-lunak	seng dan barang yang disepuh seng
dasar-damar	tidak melarutkan oksid mencegah oksidasi baru tahan-korosi sesudah dipateri (sambungan bersih)	pateri-lunak	tembaga dan paduan-tembaga, timah dan barang yang disepuh timah; timbel. penggunaan: teknik listrik dan elektronika.
dasar gemuk		pateri-lunak	timah dan barang yang disepuh timah, timbel.

IKHTISAR RINGKAS PATERI KERAS
(Menurut NEN 1131)

Kelompok		Penunjukan	Syarat-syarat kimia kadar dalam % nominal				Titik-lumer akhir dalam °C	Sifat dan penggunaan
			Cu	Ag	Zn	Lain-lain		
tembaga	1	S–Cu	100	–	–	–	1083	titik-lumer tinggi dan sangat encer. untuk mematerí besi, nikel dan paduannya dalam oven
	2	S–Cu60Zn	60	–	40	–	900	encer untuk penggunaan umum
	3	S–Cu93P	sisa			P : 7	805	sangat encer, tak dapat banyak dibentuk untuk mematerí tembaga dan paduannya.
perak-pateri	4	S–Ag25	sisa	25	35		780	untuk penggunaan umum
	5	S–Ag30Cd	sisa	30	22	Cd : 21	690	titik-lumer rendah untuk penggunaan umum
	6	S-Ag49CuMnNi	17	49	sisa	Mn: 7 Ni : 5	690	dapat dibentuk dengan baik; untuk mematerí logam keras; juga sesuai untuk baja tahan karat yang stabil.

Pateri keras diperdagangkan berupa kawat dan/atau butir.

Untuk ikhtisar lengkap tentang pateri-keras, lihat NEN 1131.

IKHTISAR PATERI LUNAK

kelompok	No.	Penunjukan	Syarat-syarat kimia kadar dalam % nominal			titik-lumer akhir dalam °C	Sifat dan penggunaan
			Sn	Pb	Lain-lain		
nyala-api	1	S1Ag	1	97,5	Ag: 1,5	309	Berhubung titik-lumer tinggi, dipakai untuk mematerí sambungan, yang dalam penggunaannya harus tahan suhu tinggi
	2	S20	20	sisa	—	277	sebagai bahan pengisi yang murah untuk mendempul bagian yang tidak rata dalam bodi bendi dan kendaraan bermotor
	3	S30	30	sisa	—	256	untuk mematerí pipa timbel dan kabel, pesawat penukar panas, pesawat pendingin dan radiator mobil, alat listrik kecil dan pipa elektronis dan sebagainya.
	4	S35	35	sisa	—	245	
	5	S40	40	sisa	—	234	
baut-patert	6	S50	50	sisa		214	untuk penggunaan umum
	7	S50Cd	50	33	Cd: 17	145	Berhubung titik-lumer rendah dipakai untuk mematerí kaleng yang dilak dan untuk mematerí kembali barang yang telah dipateri.
	8	S60	60	sisa	—	190	untuk mematerí pekerjaan halus dimana dipentingkan ke-enceran, suhu-lumer rendah dan pembekuan cepat dan untuk mematerí sambungan yang kuat yang dapat dibentuk.
	9	S90	90	sisa	—	215	untuk menyepuh timah permukaan logam dalam industri bahan makanan dan untuk menyepuh timah piringan bantalan.

Jenis pateri lunak S20, S30, S35, S40 dan S50 dapat juga diperoleh dengan antimon dari 1 sampai 3%.
Pateri-lunak diperdagangkan dalam bentuk sebagai-berikut:
Blok, batang, jalur, fuli, kawat, kawat berlubang berisi dengan bahan-pelumer, tepung bercampur bahan-pelumer, butir. (Menurut NEN 1322)

12. PADUAN NON-FERRO YANG RINGAN

Dengan paduan non-ferro yang ringan dimaksud paduan dari logam-logam non-ferro yang ringan. Yang terpenting di antaranya ialah paduan dari aluminium dan maknesium.

Dengan memadukan aluminium dan maknesium, massa-jenis yang rendah dapat dipertahankan dan kekuatan-tariknya dapat ditingkatkan. Akan tetapi daya-tahan korosi dan daya-antarnya menurun.

Massa-jenis dari paduan aluminium ialah kira-kira $2{,}7.10^3$ kg/m^3 dan massa-jenis dari paduan maknesium kira-kira $1{,}8.10^3$ kg/m^3.
Berhubung dengan kedua alasan ini, bahan tersebut pada umumnya digunakan dalam industri kapal-terbang, industri perkapalan, dalam teknik mobil dan pembangunan karoseri.

Paduan aluminium

Umum

Paduan aluminium, ialah paduan dari aluminium dengan satu atau lebih unsur yang lain. Unsur-paduan yang terpenting ialah silisium, maknesium dan tembaga.

Silisium dengan aluminium membentuk campuran dari hablur-campuran. Suatu paduan dengan kira-kira 12% silisium mempunyai susunan eutektis. Dengan meningkatkan kadar-silisium itu sampai 12%, trayek-pembekuan menjadi lebih kecil dan diperoleh lebih banyak campuran eutektis dengan hablur halus, sehingga sifat dapat dituangnya menjadi lebih sempurna dan kekuatan-tarik meningkat (lihat gambar 12.01).

Maknesium dengan aluminium membentuk suatu persenyawaan kimia, sehingga kekuatan-tariknya meningkat. Dari semua unsur-paduan, unsur maknesium yang paling sedikit mengurangi ketahanan korosi.

Tembaga dengan aluminium membentuk persenyawaan kimia, sehingga kekuatan tariknya meningkat. Dari semua unsur-paduan, tembaga yang paling banyak meningkatkan kekuatan-tarik, akan tetapi juga yang paling banyak mengurangi ketahanan korosi daripada unsur-unsur yang lain. Berhubung dengan itu paduan aluminium-tembaga kadang-kadang diberi lapisan aluminium. Paduan yang diberi lapisan aluminium semacam itu dinamakan "alklad".

Kekuatan-tarik aluminium kira-kira sama dengan 100 N/mm^2. Kekuatan-tarik itu meningkat sampai kira-kira 150 N/mm^2 dengan jalan pemaduan; dengan pemaduan dan disertai perubahan bentuk dalam keadaan dingin kekuatan-tarik itu naik sampai kira-kira 200 N/mm^2 dan selanjutnya karena pemaduan dan sepuh-keras dispersi, kekuatan-tarik meningkat sampai kira-kira 400 N/mm^2.

Dengan sepuh-keras dispersi dimaksud pemanasan bahan sampai suhu tertentu, lalu didinginkan dengan cepat. Sesudah itu bahan dipanaskan untuk kedua kalinya sampai suhu yang sedikit lebih rendah, lalu bahan ditahan beberapa waktu pada suhu yang sama dan kemudian didinginkan dengan perlahan-lahan. Jikalau pada sepuh-keras dispersi itu bahan tidak dipanaskan untuk kedua kalinya, paduan tersebut dikatakan telah dimurnikan (disepuh keras secara "wajar" pada suhu kamar) dan bila pada sepuh-keras dispersi bahan dipanaskan untuk kedua kalinya, maka paduan dikatakan telah dimurnikan sepenuhnya (disepuh keras secara tiruan).

Untuk peninjauan teoretis mengenai sepuh-keras dispersi itu, pelajarilah nanti jilid 3W.

Sepuh-keras dispersi tersebut pada umumnya dapat dilakukan terhadap paduan, jikalau unsur yang satu dalam keadaan padat dapat larut terbatas dalam unsur yang lain dan bila kedua unsur itu secara bersama dapat membentuk suatu persenyawaan kimia.
Paduan aluminium dapat disepuh keras, jikalau ada terdapat maknesium dan silisium (Mg_2Si) atau aluminium dan tembaga (Al_2Cu).

Paduan aluminium itu dapat dianodisasikan [1]. Paduan yang tidak mengandung tembaga dan hanya sedikit mengandung silisium dapat dianodisasikan dengan baik.

1. Lihat "pencegahan korosi".

Dengan menggunakan perkakas khusus, paduan aluminium itu dapat dikerjakan dengan sempurna; selain dari itu paduan aluminium dapat dilas menurut sistim argonark dan dapat juga dipateri dengan menggunakan jenis pateri khusus.

Penunjukan yang dinormalisasikan

Al, ditambah simbol kimia dan bilangan, masing-masing untuk unsur-paduan dan kadar dari unsur-paduan dan didahului oleh huruf G untuk paduan tuangan (umpamanya GAlSi12).

Jenis, sifat dan penggunaan

Paduan aluminium terbagi atas paduan-tuangan aluminium dan paduan-ramas aluminium.

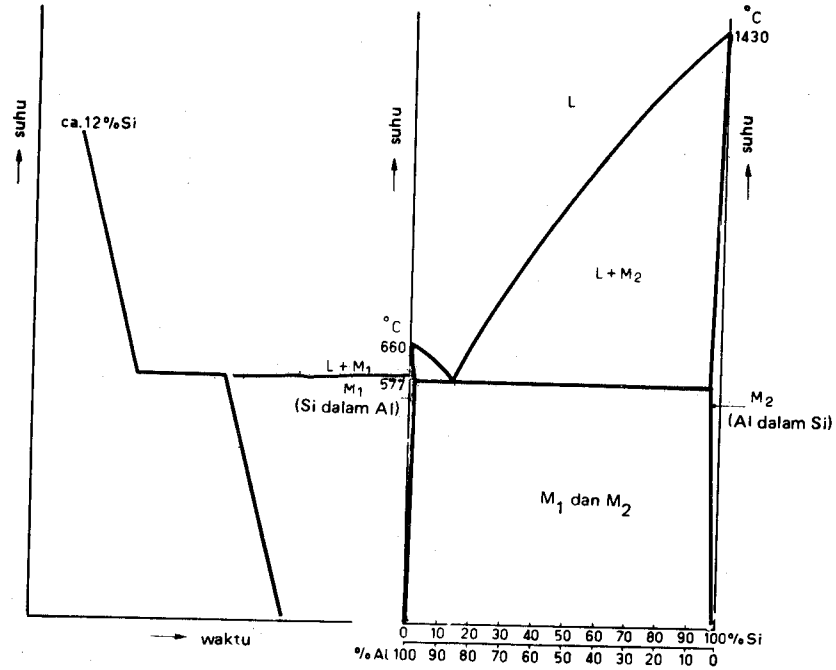
Paduan tuangan telah kita bagi dalam dua kelompok.

Kelompok pertama terdiri dari jenis GAlSi5Mg, GAlSi7Mg dan GAlSi 10Mg.

Kelompok kedua terdiri dari jenis GAlSi12.
Sifat dapat dituang dan kekuatan-tarik dari jenis ini akan meningkat, bila kadar silisium diperbesar. Jadi GAlSi12 dapat dituang paling sempurna dan memiliki kekuatan-tarik terbesar. Paduan ini mempunyai susunan eutektis. Jadi pembekuannya berlangsung pada suhu tetap dan dengan membentuk hanya campuran eutektis dari hablur halus; dengan demikian jelaslah mengapa jenis ini yang paling baik dapat dituang dan mempunyai kekuatan-tarik yang paling tinggi (lihat gambar 12.01).

Paduan dari kelompok pertama dapat disepuh keras, karena adanya maknesium dan silisium.
Oleh karena sifat dapat dituangnya baik, paduan dari kedua kelompok itu digunakan untuk benda-tuang yang rumit berdinding tipis dan yang tak dapat dilalui air; selain dari itu karena regangannya agak besar pada beban sentakan, digunakan umpamanya untuk karter motor. Paduan tuangan aluminium yang terkenal dan yang paling banyak digunakan ialah GAlSi12, yang dinamakan silumin.

Paduan-remas telah dibagi dalam dua kelompok.



Gambar 12.01

Kelompok pertama terdiri dari jenis AlMg1, AlMg2, AlMg3, AlMg3,5, AlMg4,5 dan AlMg5.
Kekuatan-tarik dari jenis ini bertambah besar dengan meningkatnya kadar-maknesium. Jadi AlMg5 mempunyai kekuatan-tarik yang paling besar. Karena kadar maknesium, semua jenis menjadi tahan-korosi dan paduan ini dapat dianodisasikan karena tidak mengandung tembaga dan hanya ada sedikit silisium.
Paduan tersebut diperdagangkan terutama dalam bentuk pelat, pipa, profil, batang dan kawat dan sesuai dengan meningkatnya kadar maknesium, digunakan pada bagian mesin dengan beban menengah sampai beban tinggi.

Kelompok yang kedua terdiri dari jenis AlCu4Mg1.
Karena adanya aluminium dan tembaga, paduan ini mempunyai kekuatan-tarik yang besar dan dapat disepuh keras.

Diperdagangkan terutama dalam bentuk pelat, profil, batang dan kawat dan digunakan pada alat bagian mesin yang mendapat beban berat. Paduan-remas aluminium yang terkenal dan yang banyak digunakan ialah AlCu4Mg1, yang dinamakan duralumin.

Paduan-maknesium

Umum

Paduan-maknesium adalah paduan dari maknesium dengan satu unsur lain atau lebih. Unsur-paduan yang terpenting ialah aluminium.
Unsur-paduan yang penting dalam paduan-tuangan ialah silisium.

Aluminium meningkatkan kekuatan-tarik.
Silisium memperbaiki sifat dapat dituang.

Kekuatan-tarik dari paduan-maknesium dapat ditingkatkan sampai kira-kira 350 N/mm^2 dengan jalan pembentukan dingin dan sepuh-keras dispersi.
Paduan-maknesium dapat dikerjakan dengan baik dengan perkakas khusus dan bila mungkin juga pada mesin-perkakas yang khusus; selain dari itu hanya beberapa macam saja yang dapat dilas. Pematerian hampir tidak mungkin dilakukan.

Paduan maknesium belum dinormalisasikan oleh Lembaga Normalisasi di Negeri Belanda, maupun di Indonesia.

Jenis-, sifat dan penggunaan

Dari demikian banyaknya paduan-maknesium, di sini disebutkan hanya tiga di antaranya.

Paduan itu tersedia sebagai paduan-tuangan dan paduan-remas.
Kadar unsur-paduan masing-masing sebesar 3,6 dan 9% Al, selain dari itu paduan-tuangan masing-masing mengandung 1% Si.
Kekuatan-tarik dari jenis paduan ini bertambah besar dengan ditingkatkannya kadar-aluminium. Jadi paduan dengan 9% Al mempunyai kekuatan-tarik yang paling besar.
Dengan meningkatnya kadar-aluminium, paduan ini digunakan untuk alat bagian mesin beban menengah sampai beban berat.
Paduan tersebut dinamakan elektron dan termasuk paduan-maknesium yang paling terkenal dan yang paling banyak digunakan.

PENGARUH DARI UNSUR-PADUAN DALAM PADUAN NON-FERRO YANG RINGAN

	aluminium	maknesium	tembaga	silisium
paduan-aluminium	*	Tr^+ C	Tr^{++} C^{--}	G^+ Tr^+ sampai 12%
paduan-maknesiun	Tr^+	*		G^+

* = unsur-utama. C = ketahanan korosi; G = sifat dapat dituang; Tr = kekuatan-tarik; $^+$ = diperbaiki atau ditingkatkan; $^-$ = dikurangi atau diturunkan.

IKHTISAR PADUAN ALUMINIUM
(Menurut NEN 6026 dan 6029)

kelom-pok	no.	Penunjukan	Syarat kimia: Kadar dalam % nominal Al	Si	Mg	Cu	Syarat mekanis: σ_R min. N/mm²	σ_B min. N/mm²	A dp 5 min. %	HB min. N/mm²	Sifat-sifat	Penggunaan
paduan-tuang aluminium	1	GAlSi5Mg	sisa	5	0,6		100	140	1	600	Isifat dapat dituang dan kekuatan tarik meningkat pada kadar silisium yang lebih tinggi) dapat disepuh. keras	benda-tuangan yang sulit, berdinding tipis dan tak lalu air, tahan beban sentakan (ump. karter motor)
	2	GAlSi7Mg	sisa	7	0,3		100	140	2	600		
	3	GAlSi10Mg	sisa	10	0,3		—	—	—	—		
	4	GAlSi12 (silumin)	sisa	12			80	170	4	600	dapat dituang dengan baik kekuatan-tarik tinggi	
paduan-tempa aluminium	1	AlMg1	sisa		1		—	—	—	—	(kekuatan-tarik mening kat pada kadar maknesium lebih tinggi) tahan-korosi baik. Dapat dianodisasikan dengan baik	terutama pelat, pipa, profil, batang dan kawat — untuk bagian-bagian dengan beban menengah sampai berat.
	2	AlMg2	sisa		2		—	—	—	—		
	3	AlMg3	sisa		3		—	—	—	—		
	4	AlMg3,5	sisa		3,5		—	—	—	—		
	5	AlMg4,5	sisa		4,5		—	—	—	—		
	6	AlMg5	sisa		5		—	—	—	—		
	7	AlCu4Mg1 (duralumin)	sisa		1	4	—	—	—	—	kekuatan-tarik tinggi dapat disepuh keras	terutama pelat, profil, batang dan kawat untuk bagian-bagian dengan beban tinggi

13. BAHAN PELUMAS
(Menurut data dari ESSO dan SHELL)

Bahan pelumas terdiri dari minyak dan gemuk.
Minyak dan gemuk mempunyai sifat yang sama sekali berlainan dengan umpamanya logam. Oleh karena itu sekarang akan ditinjau sifat-sifat mana yang penting untuk bahan pelumas.

Sifat-sifat yang penting.

Titik-beku

Dengan titik-beku dimaksud suhu, dimana di bawahnya tidak lagi terdapat minyak dalam keadaan cair.

Titik nyala-api dan titik-bakar

Dengan titik nyala-api dimaksud suhu, dimana uap yang mengepul dari minyak yang dipanaskan, dapat menyala karena bersinggungan dengan cetusan api, tetapi kemudian mati lagi.
Dengan titik-bakar dimaksud suhu, di mana uap yang mengepul dari minyak yang dipanaskan, dapat menyala karena bersinggungan dengan cetusan api dan kemudian terus membakar tanpa penambahan kalor.
Titik nyala-api dan titik-bakar merupakan ukuran untuk penghawaan minyak

Viskositas

Viskositas itu adalah ukuran ke-enceran minyak. Jadi viskositas itu menunjukkan kepada kita ke-enceran atau kekentalan minyak.

Viskositas kinematis ν dapat diucapkan dan ditunjukkan dengan berbagai macam cara:

1. **Diucapkan dalam satuan sentistuk (centistoke) (1 St = 10^{-4} m^2/s = 10^2 mm^2/s; 1 cSt = 0,01 St = 0,01. 100 mm^2/s = mm^2/s). Jumlah sentistuk sebanding dengan waktu pengaliran.**
2. **Dinyatakan sebagai perbandingan antara waktu pengaliran dari minyak pada suhu tertentu dengan banyaknya air yang sama besar dari 20°C. Nilai ini dinyatakan dalam derajat Engler (°E) (sistim Eropa).**

Contoh: Suatu kwantitas tertentu minyak mempunyai viskositas kinematis dari 3°E, bila dibandingkan dengan kwantitas air yang sama besar, mi-

Tabel 13.01
Persamaan dari satuan viskositas kinematis
(Menurut data dari Shell)

cSt	°E	sRI	sSU	cSt	°E	sRI	sSU
* 1,0	1,00	28,5	32	20,0	2,9	86	97
* 1,5	1,06	30	33	20,5	2,95	88	99
* 2,0	1,12	31	34	21,0	3,0	90	101
* 2,5	1,17	32	35	21,5	3,05	92	104
* 3,0	1,22	33	36,5	22,0	3,1	93	106
* 3,5	1,26	34,5	38	22,5	3,15	95	108
* 4,0	1,30	35,5	39,5	23,0	3,2	97	110
* 4,5	1,35	37	41	23,5	3,3	99	112
* 5,0	1,40	38	42,5	24,0	3,35	101	114
* 5,5	1,44	39,5	44	24,5	3,4	103	117
* 6,0	1,48	41	45,5	25	3,45	105	119
* 6,5	1,52	42	47	26	3,6	109	123
* 7,0	1,56	43,5	48,5	27	3,7	113	128
* 7,5	1,60	45	50,5	28	3,85	117	132
* 8,0	1,65	46	52	29	3,95	121	136
* 8,5	1,70	47,5	54	30	4,1	125	141
* 9,0	1,75	49	55,5	31	4,2	129	145
* 9,5	1,79	50,5	57	32	4,35	133	150
10,0	1,83	52	59	33	4,45	136	154
10,2	1,85	52,5	60	34	4,6	140	158
10,4	1,87	53	60,5	35	4,7	144	163
10,6	1,89	53,5	61	36	4,85	148	167
10,8	1,91	54,5	62	37	4,95	152	172
11,0	1,93	55	63	38	5,1	156	176
11,4	1,97	56	64	39	5,2	160	181
11,8	2,00	57,5	65	40	5,35	164	185
12,2	2,04	59	67	41	5,45	168	190
12,6	2,08	60	68	42	5,6	172	194
13,0	2,12	61	70	43	5,75	177	199
13,5	2,17	63	72	44	5,85	181	203
14,0	2,22	64,5	74	45	6,0	185	207
14,5	2,27	66	76	46	6,1	189	212
15,0	2,32	68	77	47	6,25	193	216
15,5	2,38	70	79	48	6,45	197	221
16,0	2,43	71,5	81	49	6,5	201	225
16,5	2,5	73	83	50	6,65	205	230
17,0	2,55	75	85	52	6,9	213	239
17,5	2,6	77	87	54	7,1	221	248
18,0	2,65	78,5	89	56	7,4	229	257
18,5	2,7	80	91	58	7,65	237	266
19,0	2,75	82	93	60	7,9	245	275
19,5	2,8	84	95				

Untuk viskositas yang lebih tinggi dari 60 cSt, dapat dipakai faktor penjabaran sebagai berikut:

1 cSt ≙ 0,132 °E	1 cSt ≙ 4,05 sRI	1 cSt ≙ 4,58 [sSU
1 °E ≙ 7,58 cSt	1 °E ≙ 30,7 sRI	1 °E ≙ 34,81 sSU
1 sRI ≙ 0,247 cSt	1 sRI ≙ 0,0326 °E	1 sRI ≙ 1,13 sSU
1 sSU ≙ 0,218 cSt	1 sSU ≙ 0,885 sRI	1 sSU ≙ 0,0287 °

Dalam bagian tabel yang diberi tanda *, perhitungan diambil dari nilai dalam derajat engler, sekon (=detik) redwood atau sekon (=detik) saybolt ke nilai dalam sentistuk kurang teliti.
Akan tetapi kebalikannya di sana diizinkan.

nyak itu membutuhkan waktu tiga kali lebih banyak untuk mengalir melalui sebuah lubang yang telah ditetapkan.

3. Dinyatakan dalam satuan sekon (=detik) redwood (sRI atau sRII). (Sistim Inggris).

Jumlah sekon (=detik) menunjukkan waktu pengaliran dari 50.10^3 mm^3 minyak. Indikasi I dan II berhubungan dengan ukuran besar lubang pengaliran; 1 sRI = 10 sRII.
Contoh: Suatu macam minyak mempunyai viskositas 90 sRI, bila diperlukan 90 sekon (=detik) untuk mengalirkan 50.10^3 mm^3 dari minyak tersebut pada suhu tertentu melalui sebuah lubang yang telah ditetapkan. Viskositas dari 90 sRI sama dengan 9 sRII. Sebagai persamaan dapat kita catat bahwa 3^oE sesuai dengan 90 sRI.

4. Dinyatakan dalam satuan sekon (=detik) saybolt (sSU atau sSF). (Sistim Amerika).

Jumlah sekon (=detik) menunjukkan waktu pengaliran 50.10^3 mm^3 minyak. Penunjukan U dan F adalah singkatan masing-masing dari Universal dan Furol dan ada hubungannya dengan ukuran besar lubang pengaliran; 1 sSu = 10 sSF.
Contoh: Suatu macam minyak mempunyai viskositas dari 101 sSU, bila diperlukan 101 sekon (=detik) untuk mengalirkan 50.10^3 mm^3 dari minyak tersebut pada suhu tertentu melalui lubang yang telah ditetapkan. Viskositas dari 101 sSU sama dengan 10,1 sSF. Sebagai persamaan dicatat di sini, bahwa 3^oE dan 90° sRI sesuai dengan 101 sSU (lihat tabel 13.01).

5. Ditunjukkan dengan SAE disertai angka (=bilangan). (Penunjukan dari Society of Automotive Engineers).

Angka menunjukkan pada kelompok-viskositas yang mana minyak itu termasuk, yang dinyatakan dalam sSU.
Contoh: Suatu jenis minyak SAE 30 mempunyai viskositas kinematis, yang terletak antara 58 dan 70 sSU pada 100° C (lihat tabel 13.02).

Karena pemanasan minyak menjadi lebih encer. Jadi viskositas menurun waktu pemanasan. Oleh karena itu bila mencantumkan viskositas, supaya selalu dicatat suhu waktu viskositas itu diukur.
Viskositas itu lebih baik ditentukan pada suhu, yang sesuai dengan suhu penggunaan minyak tersebut.

Indeks-viskositas (V.I.)

Indeks-viskositas menunjukkan ukuran dari perobahan viskositas pada per-

Tabel 13.02
Spesifikasi dari angka-SAE untuk viskositas kinematis
(Menurut data dari Shell)

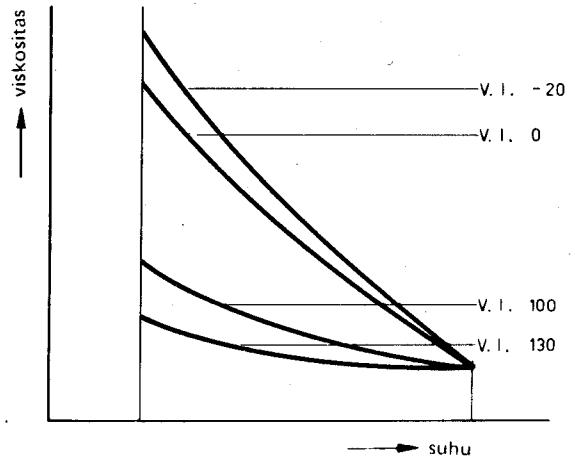
Skala untuk minyak motor.

	sSU pada – 18° C	sSU pada 100° C
SAE 5 W	4.000	
SAE 10 W	6.000 – 12.000	
SAE 20 W	12.000 – 48.000	
SAE 20		45 – 58
SAE 30		58 – 70
SAE 40		70 – 85
SAE 50		85 – 110

Skala untuk minyak kardan

	sSU pada – 18° C	sSU pada 100° C
SAE 75	– 15.000	
SAE 80	15.000 – 100.000	
SAE 90		75 – 120
SAE 140		120 – 200
SAE 250		200 –

tukaran suhu. Jadi indeks-viskositas itu menunjukkan kepada kita berapa banyaknya viskositas menurun, bila minyak dipanaskan (lihat gambar 13.01).



Gambar 13.01.

Indeks itu selalu ditunjukkan dengan bilangan tanpa nama.
Minyak dengan indeks-viskositas yang tinggi mempunyai garis lengkungan viskositas mendatar, ini berarti bahwa viskositas itu tidak banyak dipengaruhi oleh perubahan suhu. Minyak dengan indeks-viskositas yang rendah mempunyai garis lengkungan yang curam, ini berarti viskositas banyak dipengaruhi oleh perubahan suhu.

Bilangan pembentukan arang Conradson

Bilangan pembentukan arang dari Conradson itu ialah bilangan , yang menunjukkan kadar-bobot dari sisa yang tertinggal bila sejumlah minyak dipanaskan.
Bilangan pembentukan arang dari Conradson ini merupakan ukuran dari kecenderungan minyak untuk membentuk zat-arang.

Bilangan netralisasi atau bilangan-asam.

Bilangan-netralisasi atau bilangan-asam, menunjukkan jumlah kwantitas asam bebas yang terdapat dalam minyak.
Ketika menggunakan minyak, banyak macam susunan-campuran yang mengoksid, sehingga antara lain terjadi asam. Asam itu dapat memakan logam.
Bilangan-netralisasi atau bilangan-asam adalah ukuran ketuaan minyak.

Bilangan-penetrasi "kerja" (= worked).

Bilangan-penetrasi "kerja" menunjukkan ukuran ketahanan gemuk yang telah "diuli" (=kneated). Jadi bilangan-penetrasi itu memberikan ukuran encer atau kentalnya gemuk.
Bilangan-penetrasi "kerja" itu adalah bilangan, yang menunjukkan dalamnya peresapan dari sebuah kerucut kecil setelah waktu tertentu dalam persepuluh milimeter.
Gemuk menjadi encer juga karena pemanasan. Jadi karena pemanasan kita memperoleh bilangan-penetrasi yang lebih tinggi. Oleh sebab itu, bila bilangan-penetrasi dicantumkan, harus diberitahukan pula berapa besar suhu waktu pengukuran dilakukan.

Titik-tetes

Dengan titik-tetes dimaksud suhu di mana gemuk telah menjadi demikian encer, sehingga gemuk itu mulai menetes dari sebuah pipa, menurut ukuran yang telah ditetapkan.

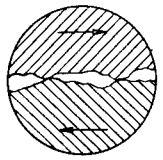
Untuk hal-hal penting lainnya, terutama yang mengenai viskositas dan indeks-viskositas, anda dipersilahkan untuk mempelajari buku ilmu kimia.

Gesekan dan pelumasan

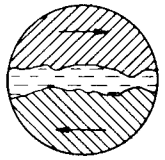
Gesekan akan terjadi bila dua permukaan bahan yang bersinggungan digerakkan terhadap satu sama lain. Gesekan itu menyebabkan keausan. Dengan melumas berarti memasukkan bahan pelumas antara dua bagian yang bergerak dengan tujuan untuk mengurangi gesekan dan keausan.
Kita membedakan gesekan dan pelumasan sebagai berikut:

1. Gesekan kering

Gesekan kering terjadi, bila tidak terdapat bahan pelumas. Jadi antara bagian-bagian yang bergerak terjadi kontak langsung (lihat gambar 13.02). Perlawanan gesekan F_w adalah akibat dari kaitan berturut-turut dari puncak bagian-bagian yang tidak rata. Besarnya kofisen-gesek *f* ditentukan oleh jenis permukaan yang saling bergeser. Kofisen-gesek *f* ini = 0,3 ..... 0,5.
Gesekan kering tidak diperkenankan dalam teknik.



Gambar 13.02



Gambar 13.03

2. Gesekan zat-cair dan pelumasan penuh

Gesekan zat-cair terjadi, jikalau antara permukaan terdapat suatu lapisan bahan pelumas yang demikian tebalnya, sehingga puncak-puncak yang tidak rata itu tidak saling menyinggung lagi (lihat gambar 13.03). Jadi dalam hal ini tidak terdapat gesekan kering antara bagian-bagian yang bergerak, melainkan suatu gesekan zat-cair antara "lapisan-lapisan" bahan pelumas. Besarnya kofisen-gesek *f* ditentukan oleh tebalnya lapisan bahan pelumas dan oleh viskositas. Kofisen *f* itu lebih kecil dari 0,03.
Pelumasan yang terjadi karena gesekan zat-cair dinamakan pelumasan penuh atau pelumasan hidro-dinamis.
Keuntungan yang terpenting dari pelumasan penuh ialah pengausan yang sangat kecil.

Terjadinya pelumasan penuh tergantung dari banyak faktor, yaitu viskositas dari bahan pelumas, garistengah poros, kecepatan putar poros, beban, suhu-kerja, cara pemasukan minyak, ruang-main antara poros dan bantalan, jenis beban dan sebagainya.
Jadi dari sini ternyata bahwa pelumasan penuh itu sulit direalisasikan.

3. Gesekan setengah kering dan pelumasan terbatas

Gesekan setengah kering terjadi, jikalau antara permukaan terdapat lapisan bahan-pelumas yang demikian tebalnya, sehingga puncak-puncak yang tidak rata masih tepat bersinggungan. Jadi dalam hal ini terjadi gesekan kering sebagian dan gesekan zat-cair sebagian. Besarnya kofisen-gesek *f* ditentukan oleh jenis dari bidang yang bergeser terhadap satu sama lain, tebalnya lapisan bahan pelumas dan viscositas serta daya-lumas ("oiliness") dari bahan pelumas. Kofisen *f* ini ≈ 0,1.
Dengan daya-lumas ("oiliness") dimaksud kecenderungan untuk melekat dengan kuat kepada permukaan logam. Terjemahan yang terbaik untuk istilah "oiliness" itu ialah sifat berlemak. Oleh sebab itu minyak dengan "oiliness" yang baik dinamakan minyak berlemak.
Pelumasan yang terjadi pada gesekan setengah kering dinamakan pelumasan terbatas.
Pelumasan terbatas terjadi, bila faktor-faktor yang tercantum pada ayat 2 di atas kurang cukup menguntungkan untuk melaksanakan pelumasan penuh.

Minyak.

Sesuai dengan asalnya, dibedakan berbagai macam minyak sebagai berikut:

1. Minyak tumbuh-tumbuhan.

Minyak tumbuh-tumbuhan diperoleh dengan jalan memeras biji atau buah. Minyak tumbuh-tumbuhan yang terpenting dalam teknik ialah minyak rapa (=rape oil), minyak biji katun dan minyak risinus (= minyak mujizat). Minyak tersebut di atas masing-masing diperoleh dari biji rapa, biji katun dan biji risinus.

2. Minyak-hewan

Minyak-hewan diperoleh dengan jalan merebus atau memeras tulang belulang atau lemak babi (=sepek).
Minyak-hewan yang terpenting untuk keperluan teknik ialah minyak tulang dan minyak-ikan. Minyak itu masing-masing diperoleh dari kaki-hewan dan dari ikan.

Minyak tumbuh-tumbuhan dan minyak-hewan keduanya mempunyai daya-lumas yang baik. Oleh sebab itu minyak tersebut dinamakan minyak berlemak. Keburukan dari minyak ini ialah cepat menjadi tengik, yang berarti bahwa minyak menjadi cepat tua.
Minyak tumbuh-tumbuhan dan minyak-hewan hampir tidak digunakan secara tersendiri sebagai minyak pelumas, akan tetapi karena daya-lumasnya baik sekali ditambahkan kepada minyak mineral.

3. Minyak mineral

Minyak mineral diperoleh dengan jalan destilasi (=penyulingan) minyak bumi secara bertahap. Minyak mineral, lebih murah daripada minyak tumbuh-tumbuhan atau minyak-hewan, akan tetapi lebih tahan lama dari kedua macam minyak tersebut. Hanya saja daya-lumas dari minyak mineral tidak sebaik minyak tumbuh-tumbuhan dan minyak-hewan.
Sesuai dengan susunan kimianya, minyak mineral itu dibedakan dalam minyak parafinis dengan indeks-viskositas (V.I. $\approx$ 100) yang tinggi dan minyak naftenis dengan indeks-viskositas rendah (V.I. $\approx$ 0).

4. Minyak kompon

Minyak kompon itu adalah campuran antara minyak mineral dengan sedikit minyak tumbuh-tumbuhan atau minyak-hewan.
Campuran ini mempunyai daya-lumas yang lebih sempurna daripada minyak mineral.

Bahan-imbuh aditif (= dopes of additives).

Bahan-imbuh aditif itu ialah zat-kimia yang ditambahkan kepada minyak dengan tujuan untuk memperbaiki sifat-sifat tertentu dari minyak yang bersangkutan.
Berbagai macam bahan-imbuh itu diberi nama menurut sifat yang diperbaikinya dalam minyak.
Dengan demikian dibedakan jenis bahan-imbuh sebagai berikut:

1. Bahan-imbuh untuk menurunkan titik-beku.

2. Bahan-imbuh untuk meningkatkan indeks-viskositas.

3. Bahan-imbuh pemurni dan penyebar.

Aditif ini menjaga supaya bagian-bagian zat-arang tetap tinggal melayang-layang dan mencegahnya melekat pada logam. Dengan demikian pesawat yang bersangkutan tetap tinggal bersih.

4. Anti-oksidan dan anti-korosi

Aditif anti-oksidan mengurangi ketuaan minuak. Jadi minyak yang diberi aditif anti-oksidan ini tidak cepat mengoksid, sehingga pengasaman dapat dicegah.

Aditif anti-korosi memberi lapisan pelindung pada bagian-mesin. Dengan demikian dapat dicegah termakannya oleh asam yang terjadi dalam minyak.

5. Peningkatan nilai tekanan batas (= extreme pressure dope)
Aditif ini mencegah dua bagian logam yang saling bersinggungan berpadu dan disamping itu juga meningkatkan daya-lumas minyak. Minyak yang diberi aditif peningkat nilai tekanan batas, tahan terhadap tekanan tinggi.

6. Bahan-imbuh untuk mencegah pembusaan.

7. Bahan-imbuh untuk mencegah pengemulsian dengan air.

Jenis minyak yang digunakan

Jenis minyak yang digunakan biasanya dari sumber mineral; minyak itu ada yang dikompon dan ada yang tidak dikompon dan diberi tambahan berbagai macam bahan-imbuh.
Karena bahan-imbuh itu, kebanyakan minyak memperoleh indeks-viskositas yang tinggi, stabilitas oksidasi yang baik, sifat anti-korosi yang baik, hanya sedikit kecenderungan untuk membusa dan daya demulsi yang sempurna.
Selain daripada itu sesuai dengan penggunaannya, tiap jenis minyak mempunyai sifat khusus yang tercantum di bawah ini:

1. Minyak-mesin biasa

Minyak ini biasanya tidak atau hanya sedikit sekali diberi bahan-imbuh.

2. Minyak roda-gigi khusus

Minyak ini mempunyai nilai tekanan batas (= nilai extreme pressure) yang tinggi untuk dapat menahan tekanan roda-gigi yang besar.

3. Minyak khusus untuk sistim hidrolik

Minyak ini harus banyak memiliki semua sifat yang tersebut di atas.

PERPUSTAKAAN WILAYAH DEP. P DAN K
Jl. Walikota Mustajab. 68
SURABAYA

4. Minyak-motor.

Minyak ini memiliki daya pemurni yang baik untuk mencegah perlekatan zat-arang dalam motor.
Untuk motor diesel dengan kecepatan tinggi telah diolah minyak-lumas yang dinamakan "Heavy duty"; minyak ini diberi sejumlah ekstra bahan tambahan.

5. Minyak-turbin.

Minyak ini harus banyak memiliki semua sifat tersebut di atas.

6. Minyak untuk mesin pendingin.

Minyak ini mempunyai titik-beku yang sangat rendah.

7. Minyak silinder-uap

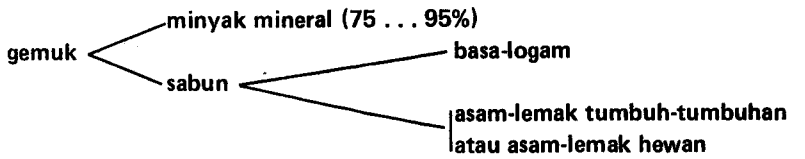
Minyak ini harus banyak memiliki semua sifat tersebut di atas.

Jenis gemuk yang digunakan

Di mana minyak tidak dapat dipakai, maka digunakan gemuk.
Minyak tidak dapat digunakan antara lain:

a. **Jikalau bahan pelumas, disamping sifat melumas harus pula mempunyai kemampuan perlindungan terhadap debu dan kotoran, umpamanya pada roda-gigi dari sebuah lir-tangan yang terbuka.**
b. **Jikalau kecepatan-putar poros terlampau rendah untuk memperoleh pelumasan-batas minimal, seperti umpamanya poros dari sebuah gerobak-tangan;**
c. **Jikalau alat-bagian yang akan dilumas mengambil kedudukan yang demikian rupa, sehingga minyak dapat lari, umpamanya bantalan-luncur pada poros vertikal;**
d. **Jikalau bantalan-peluru yang akan dilumas; dalam bantalan-peluru minyak akan membusa karena peluru yang berputar secara terus-menerus.**

Sesungguhnya gemuk itu terdiri dari minyak dan sabun. Sabun bekerja sebagai bahan pengikat.
Sabun adalah persenyawaan kimia dari suatu *basa-logam* dengan asam-lemak tumbuh-tumbuhan atau asam-lemak hewan.



Sesuai dengan jenis logam yang digunakan untuk sabun, kita membedakan jenis gemuk sebagai berikut:

1. Gemuk sabun-kalsium (gemuk-kapur)

Gemuk ini tahan-air, tetapi tidak tahan suhu tinggi. Titik-tetesnya terletak antara 90 dan 150° C. Digunakan untuk pelumasan umum, terutama untuk bantalan-luncur.

2. Gemuk sabun-natrium (gemuk-soda)

Gemuk ini tidak tahan-air, akan tetapi tahan suhu tinggi. Titik-tetesnya terletak antara 150 dan 230° C. Digunakan untuk pelumasan bantalan peluru dan bantalan-golong.

3. Gemuk sabun-aluminium

Gemuk ini tahan-air, akan tetapi tidak tahan suhu tinggi. Titik-tetesnya terletak pada 90° C. Sesuai untuk penggunaan khusus, di mana diperlukan perlawanan terhadap daya-lempar keluar.

4. Gemuk sabun-litium

Gemuk ini tahan-air dan tahan-suhu tinggi. Titik-tetesnya terletak pada 180° C. Digunakan sebagai gemuk serba-guna, yang berarti bahwa gemuk ini dapat digunakan untuk banyak macam keperluan.

5. Gemuk-basa campuran

Gemuk ini mengandung sabun-kalsium dan sabun-natrium. Sifat-sifat dari gemuk ini tentu saja berada antara sifat sabun-kalsium dan sifat sabun-natrium. Digunakan sebagai gemuk serba-guna, akan tetapi tidak mungkin ditempat yang ada air.

Suhu-kerja maksimum harus kira-kira 40° C lebih rendah daripada titik-tetes. Rupa-rupa gemuk dapat diperoleh dalam berbagai macam konsistensi (= penetrasi).

Bahan-lumas pendingin

Bahan-lumas pendingin itu disamping mendinginkan, harus juga melumas. Mendinginkan, yaitu untuk membuang panas yang terjadi. Melumas untuk mengurangi gesekan antara sudip dan bidang-sudip dan antara benda-kerja dengan bidang-pelepasan (free travel surface).

Selain daripada syarat tersebut di atas, bahan-lumas pendingin itu harus mencegah pembentukan karat pada mesin dan benda-kerja, tidak boleh memperlihatkan pembentukan busa atau kecendrungan tersumbat pada saluran zat-cair pendingin, tidak boleh menyebarkan bau busuk, tidak boleh membawa pengaruh buruk kepada kulit dan sebagainya.

Pemasukan bahan-lumas pendingin harus diatur menurut cara yang tepat.

Bahan-lumas pendingin itu dikenal dalam dua kelompok penting sebagai berikut:

1. Minyak yang dapat mengemulsi (minyak bor)

Di sini termasuk emulsi putih seperti susu atau emulsi yang bening dari minyak mineral dengan air dalam perbandingan 1 : 60 sampai 1 : 100. Dari minyak yang dapat mengemulsi, daya pendinginannya adalah yang paling besar, berhubung dengan besarnya prosentasi air.

Oleh sebab itu bahan-lumas pendingin ini digunakan untuk yang dinamakan pengerjaan cepat, dimana faktor pendinginan adalah yang paling penting. Dengan pengerjaan cepat dimaksud membubut, memfrais, mengebor, menggergaji dan mengasah.

2. Minyak-potong

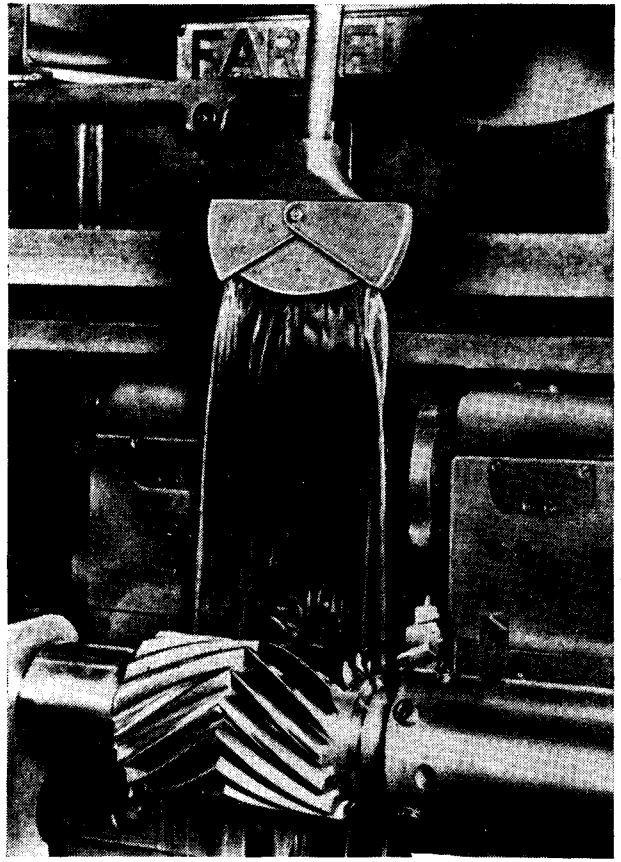
Minyak-potong itu tidak termasuk minyak mineral yang mengemulsi dengan air. Pada minyak-potong terutama dipentingkan daya-lumasnya. Berhubung dengan itu bahan-lumas pendingin ini ditujukan kepada pengerjaan lamban, dimana faktor pelumasan yang diutamakan. Dengan pengerjaan lamban dimaksud memotong uliran, mengetap, pengerjaan frais-tarik, pekerjaan menusuk roda-gigi, memfrais roda-gigi, mengetam dan memperluas.

Pada minyak-potong mineral biasanya ditambahkan bahan kimia sepeti belerang. Karena itu minyak ini sering juga dinamakan minyak-potong yang disulfurisasikan. Kadang-kadang minyak tersebut dikompon dengan minyak tumbuh-tumbuhan atau dengan minyak-hewan. Penambahan ini perlunya untuk memperoleh daya-lumas yang lebih besar, sehingga minyak-potong memperoleh sifat tekanan batas (E.P = extreme pressure).

Dengan menggunakan minyak-potong yang semacam itu, kwalitas permukaan yang baik dapat terjamin.

Sungguhpun demikian dalam hal tertentu masih digunakan juga minyak tumbuh-tumbuhan, seperti minyak rapa sebagai minyak-lumas pendingin. Selain dari itu juga minyak tanah masih kelihatan dipakai.

Walaupun minyak-potong itu pada umumnya berwarna tua, dalam perdagangan ada pula terdapat minyak-potong dengan warna bening, yang dinamakan minyak transparan. Dengan minyak ini pengerjaan dapat diawasi lebih sempurna. Foto pada gambar 13.04 memperlihatkan cara memfrais sebuah gelang gigi dengan gigi-sudut (double helical tooth). Fraisnya kelihatan tembus dari bahan-lumas pendingin.



Gambar 13.04

IKHTISAR BAHAN PELUMAS
(Menurut data dari Esso dan Shell)

kelompok	No.	Jenis	Sifat-sifat	Penggunaan
minyak	1.	Minyak-mesin blasa	tidak memakai atau sedikit memakai bahan-imbuh.	Mesin (motor)
	2.	Minyak roda-gigi khusus	tekanan-batas (extreme pressure)	Roda gigi
	3	Minyak khusus untuk sistim hidrolik	— indeks-viskositas tinggi — stabilitas oksidasi baik — sifat anti-korosi — tidak ada pembentukan busa — sifat dapat demulsi yang baik	Sistim hidrolik
	4	minyak-motor	— membersihkan dengan baik — stabilitas oksidasi baik — sifat anti korosi	motor
	5	Minyak turbin	— stabilitas oksidasi baik — sifat anti-korosi — tidak membentuk busa — sifat dapat demulsi dengan baik	turbin
	6	Minyak mesin pendingin	titik-beku rendah	mesin pendingin
	7	Minyak silinder-uap	— stabilitas oksidasi yang baik — sifat anti-korosi — tak ada pembentukan busa — sifat dapat demulsi dengan baik	silinder-uap
gemuk	1	Gemuk sabun-kalsium	— tahan-air — tak tahan suhu tinggi — titik-tetes 90 — 150°C	pelumasan umum bantalan-luncur
	2	Gemuk sabun-natrium	— tidak tahan-air — tahan suhu-tinggi — titik-tetes 150 - 230° C	bantalan peluru dan bantalan-golong
	3	Gemuk sabun-aluminium	— tahan-air — tak tahan suhu-tinggi — titik-tetes 90° C	penggunaan khusus, dimana diperlukan perlawanan terhadap tenaga lempar
	4	Gemuk sabun-letium	— tahan-air — tahan suhu-tinggi — titik-tetes 180°C	Gemuk untuk rupa-rupa keperluan
	5	Gemuk-basa campuran	— tak tahan-air — tahan suhu-tinggi titik-tetes 155° C	Gemuk untuk rupa-rupa keperluan, tapi kalau tidak ada air
Bahan-lumas pendingin	1	Minyak mengemulsi	— daya pendinginan besar — daya pelumasan kecil	untuk pengerjaan cepat seperti membubut, mengebor, menggergaji dan mengasah
	2	Minyak-potong	— daya pendinginan rendah — daya pelumasan besar — tekanan-batas (extreme pressure)	untuk pengerjaan lamban, seperti memotong uliran, mengetap. Fraistarik, menusuk dan memfrais rodagigi, mengetam dan memperluas

90 C lempar.

14. BAHAN-BAKAR

Bahan-bakar itu terbagi dalam bahan-bakar padat, cair dan bahan-bakar gas.

Seperti juga demikian halnya dengan bahan-lumas, bahan-bakar mempunyai sifat yang berlainan sama sekali dengan umpamanya logam. Oleh sebab itu marilah kita periksa dahulu sifat-sifat yang penting untuk bahan-bakar.

Sifat penting

Nilai-bakar

Nilai-bakar ialah jumlah joule yang terbebas dari 1 kg bahan-bakar padat atau bahan-bakar cair — atau jumlah joule tiap Nm^3 [1] bahan-bakar gas — pada pembakaran yang sempurna (nilai-bakar tertinggi) atau yang tersedia untuk pemanasan yang bermanfaat (nilai-bakar terendah).

Jadi nilai-bakar tertinggi itu ialah jumlah panas (=kalor) yang terbebas pada tiap massa atau tiap voluma.

Kalor ini sebagian digunakan untuk mengubah air yang berada dalam bahan-bakar dan air yang terjadi karena pembakaran, menjadi uap. Kalor yang digunakan untuk keperluan tersebut adalah kalor penguapan dari air.

Nilai-bakar terendah atau nilai-opak (=nilai pengopakan) ialah jumlah kalor yang tersisa pada tiap massa atau tiap voluma, jadi yang tersedia untuk pemanasan yang bermanfaat.

Pembakaran

Dengan pembakaran dimaksud reaksi-kimia dari sesuatu unsur dengan zat-asam.

Unsur untuk pembakaran.

Unsur terpenting yang terdapat dalam bahan-bakar untuk pembakaran ialah zatarang, zatair dan belerang.

Pada pembakaran yang sempurna dari unsur ini akan bebas masing-masing sebesar 34, 144 dan 10,5 MJ/kg.

Zatasam

Zatasam yang diperlukan biasanya diperoleh dari pemasukan udara.

1) 1 Nm^3 = 1 m^3 normal = 1 m^3 pada 0° C dan 760 mm Hg.

Jumlah minimum udara yang diperlukan untuk pembakaran yang sempurna dapat dihitung dari persamaan reaksi. Jumlah ini dinamakan jumlah udara teoritis L_t yang diperlukan.
Dalam praktek selalu dibutuhkan lebih banyak udara daripada perhitungan. Jumlah ini dinamakan jumlah udara praktis L_p yang dibutuhkan. Jumlah udara praktis yang dibutuhkan itu dapat diketemukan dengan memperkalikan jumlah udara teoritis yang diperlukan dengan faktor-udara n.

$$\text{Jadi } L_p = L_t.n$$

Besarnya faktor-udara itu tergantung dari ukuran besar bahan-bakar, keteraturan pemasukan bahan-bakar, dari kecepatan udara dan dari suhu udara.

Bahan-bakar padat

Semua bahan-bakar padat berasal dari sumber mineral.
Bahan-bakar ini terjadi karena pengarangan tumbuh-tumbuhan.
Proses pengarangan itu adalah proses kimia, yang berlangsung sangat lambat, di mana segala macam produk gas yang timbul akan menghilang.
Pada proses tahap pertama menghilang hasil gas CO_2 dan pada tahap terakhir, menghilang hasil gas CH_4. Karena dalam hasil gas yang hilang itu tidak banyak terdapat zat-arang, bila dibanding dengan zat-asam dan zat-air, maka makin lama proses pengarangan berlangsung, makin bertambah besar pula kadar zatarang dari bahan-bakar.
Bahan-bakar dengan proses pengarangan yang singkat dinamakan bahan-bakar muda. Bahan-bakar muda itu tidak banyak mengandung zat-arang, akan tetapi mengandung banyak zat yang menghawa. Oleh karena itu bahan-bakar ini dikatakan bahan-bakar kaya-gas atau bahan-bakar gemuk. Bahan-bakar tersebut mempunyai kemampuan besar untuk membakar jadi satu dan karena prosentasi zat menghawa tersebut besar, nyala-apinya panjang waktu membakar.
Bahan-bakar dengan proses pengarangan yang panjang dinamakan bahan-bakar tua. Bahan-bakar tua banyak mengandung zatarang dan sedikit zat yang menghawa. Karena itu bahan-bakar ini dikatakan bahan-bakar kurang-gas atau bahan-bakar kurus. Daya pembakaran menjadi satu, kecil sekali dan karena prosentasi zat menghawa juga kecil, nyala-apinya pendek waktu membakar.

Menurut urutan bahan-bakar **muda** sampai yang tua, kita mengenal lapisan lapuk tumbuh-tumbuhan (=peat), lapisan batubara cokelat dan lapisan batubara. Tiap jenis bahan-bakar itu terbagi dalam jenis yang muda dan jenis yang tua. Di sini hanya akan dibahas jenis batubara menurut urutan yang muda sampai yang tua.

Jenis batubara

Nilai-bakar terendah rata-rata dari berbagai macam jenis batubara ialah kira-kira 30 MJ/kg.

1. *Batubara nyala-api*

   Batubara nyala-api membakar dengan nyala-api panjang, yang biasanya banyak mengeluarkan arang-para.
   Karena itu batubara ini sesuai untuk dipakai dalam oven nyala-api.

2. *Batubara-tempa*

   Batubara-tempa mempunyai daya besar untuk membakar jadi satu, sehingga dengan demikian banyak panas tinggal dalam batubara.
   Karena itu batubara ini sesuai untuk digunakan dalam api-tempa.

3. *Batubara ketel*

   Batubara ketel mempunyai cukup kemampuan untuk membakar menjadi satu, guna mencegah timbulnya batubara-terbang.
   Oleh karena itu batubara ini cocok digunakan dalam ketel-uap.

4. *Antrasit*

   Antrasit tidak mempunyai kemampuan untuk membakar menjadi satu dan membakar dengan nyala-api pendek dengan tidak menimbulkan arang-para.
   Oleh sebab itu batubara ini sesuai untuk dipakai sehari-hari di rumah.

Jenis bahan-bakar yang dibuat dari batubara

5. *Kokas*

   Kokas dibuat dari batubara-gas atau dari batubara-kokas.
   Bila digunakan batubara-gas, maka gas itu yang menjadi-hasil pokok, sedangkan kokas menjadi hasil-tambahan (fabrikasi gas).
   Bila digunakan batubara-kokas, maka kokas yang menjadi hasil pokok, sedangkan gas itu merupakan hasil-tambahan (fabrikasi kokas).

Kokas diperoleh dengan jalan memanaskan batubara tanpa pemasukan udara. Jikalau udara dimasukkan maka batubara akan terbakar.
Kokas yang didapat dari fabrikasi kokas mempunyai kekuatan-tekan yang tinggi. Oleh sebab itu kokas tersebut dapat digunakan dalam dapur-cemuk (dapur-tinggi, oven-kubah).

6. Batubara-tepung

Batubara-tepung dapat dibuat dari segala macam batubara. Batubara itu digiling dalam kilang-peluru sampai menjadi tepung.
Batubara-tepung sesuai untuk dipakai dalam instalasi ketel-uap yang besar.

7. Briket

Briket dibuat dari butir-butir batubara halus. Butir halus itu berturut-turut diberi pengerjaan sebagai berikut: pengeringan, pencampuran dengan pek, pemanasan sampai 80 @ 90° C, lalu dikempa dalam cetakan.
Pengempaan batubara telur dilakukan antara dua buah rol horisontal, yang diberi lekukan di dalamnya.
Briket sesuai pula dipakai untuk keperluan rumah-tangga.

Bahan-bakar padat lambat laun akan terdesak oleh bahan-bakar cair (minyak-bakar) dan bahan-bakar gas (gas-bumi).

Bahan-bakar cair

Semua bahan-bakar itu mempunyai sumber mineral.
Antara lain bahan-bakar tersebut diperoleh dengan jalan penyulingan (=destilasi) bertingkat dari minyak-bumi. Pada penyulingan tingkat pertama diperoleh bahan-bakar dengan massa-jenis dan titik-didih yang rendah, sedangkan pada penyulingan tingkat terakhir diperoleh baban-bakar dengan masa-jenis dan titik-didih yang tinggi.

Di bawah ini akan dibahas bahan-bakar cair dengan urutan penyulingan tingkat (= fraksi) pertama sampai tingkat terakhir.
Nilai-bakar terendah rata-rata dari bahan-bakar cair itu kira-kira 45 MJ/kg.

1. Bensin

Masa-jenis bensin sama dengan $(0{,}65 - 0{,}75).10^3$ kg/m^3 dan trayek-didih dari 50 – 200 ° C.
Sifat yang penting dari bensin ialah nilai oktannya, yaitu nilai untuk ketahanan ketukan.

Bahan-bakar iso-oktan dengan ketahanan ketukan yang baik mempunyai nilai-oktan 100. Bahan-bakar heptan-normal dengan ketahanan ketukan yang buruk mempunyai nilai-oktan 0. Jenis bensin dengan ketahanan ketukan yang sama dengan campuran 60% iso-oktan dan 40% heptan-normal, mempunyai nilai-oktan 60.
Bensin antara lain dipakai dalam motor bahan-bakar campuran (=motor-bensin).

2. Kerosin

Massa-jenis kerosin itu ialah $(0{,}75 - 0{,}85).10^3$ kg/m^3 dan trayek-didih dari 150 – 300 ° C.
Masyarakat ramai menamakan kerosin itu minyak-tanah.
Kerosin antara lain digunakan dalam motor reaksi (= motor pancar-gas).

3. Minyak gas

Massa-jenis minyak gas ialah $(0{,}85 - 0{,}95).10^3$ kg/m^3 dan trayek-didih dari 250 – 350° C.
Sifat yang penting dari minyak gas ini ialah nilai setannya (cetane-value), yaitu nilai untuk ketahanan ketukan.
Nilai-setan (= cetane) itu ditentukan seperti nilai-oktan.
Masyarakat menamakan minyak gas itu minyak-diesel. Minyak gas (=minyak diesel antara lain digunakan dalam motor-semperot (motor-diesel).

4. Minyak-bakar

Minyak-bakar mempunyai massa-jenis dan trayek-didih yang paling tinggi dari semua bahan-bakar cair.
Minyak-bakar antara lain digunakan dalam oven dan ketel-uap.

Bahan bakar-gas

Semua bahan-bakar gas bersumber mineral.
Di bawah ini akan dibahas bahan-bakar gas menurut urutan pentingnya.

1. Gas-bumi

Nilai-bakar terendah dari gas-bumi ialah 30 MJ/Nm^3 dan nilai ini hampir dua kali lipat dari nilai-bakar terendah gas-kota.
Susunan gas-bumi dari Slochteren kira-kira sama dengan 1% CO_2, 14% N_2, 82% CH_4 dan 3% berbagai macam gas lain C_nH_{2n+2}.
Jadi gas-bumi itu terutama terdiri dari metan.
Karena dalam gas-bumi tidak terdapat belerang, tahan-lama dari berbagai macam alat rumah-tangga jadi meningkat.

Gas-bumi lebih eksplosif daripada gas-kota, akan tetapi kurang eksplosif jika dibandingkan dengan propan dan butan.
Gas-bumi lambat laun akan lebih banyak digunakan untuk keperluan industri dan rumah-tangga.

2. Gas-kota dan gas oven-kokas

Nilai-bakar terendah dari gas-kota ialah 15,5 MJ/Nm^3 dan dari gas oven-kokas 16,5 MJ/Nm^3.
Sebagaimana telah diterangkan pada ayat kokas tersebut di atas, gas-kota dan gas oven-kokas itu masing-masing dibuat dari batubara-gas dan batubara-kokas. Gas tersebut didapat dengan jalan pemanasan batubara, tanpa pemasukan udara.
Gas-kota di beberapa kota besar dan gas oven-kokas di sekitar perusahaan yang banyak membuat kokas (umpamanya di tambang negara di Limburg dan Dapurtinggi di IJmuiden), masih digunakan untuk keperluan industri dan keperluan rumah-tangga.
Gas-kota dan gas oven-kokas ini lambat laun akan tersisihkan oleh gas-bumi.

3. Propan dan butan

Nilai-bakar terendah dari propan ialah 92 MJ/Nm^3 dan dari butan 117 MJ/Nm^3.
Propan dan butan didapat waktu menguak (=cracking) minyak-bumi.
Propan terutama terdiri atas C_3H_8 dan butan terutama terdiri dari C_4H_{10}.
Propan dan butan didesak dalam silinder baja sampai mencair, untuk diperjual belikan dalam bentuk ini.
Propan terutama digunakan untuk keperluan industri, seperti mematerai, mengelas logam non-ferro, memotong baja dan sebagainya dan butan terutama digunakan untuk keperluan rumah-tangga, di mana tidak tersedia saluran-gas.

Gas lain

Gas dapur-tinggi telah dibahas dalam jilid 1 dan gas asetilen telah dibahas lebih dahulu dalam jilid ini.

IKHTISAR BAHAN-BAKAR

Kelompok		No	Jenis	Sifat-sifat: nilai-bakar terendah MJ/kg	Sifat-sifat: Sifat-sifat istimewa	Penggunaan
padat	batubara	1	Batubara nyala-api	Rata-rata kira-kira 30	Nyala-api panjang, biasanya banyak arang-para	oven nyala-api
		2	Batubara-tempa		Daya membakar jadi satu-besar	Api-tempa
		3	Batubara ketel-uap		— Daya membakar jadi satu cukup besar	Ketel-uap
		4	Antrasit		— Tidak ada daya membakar jadi satu. — Nyala-api pendek, tidak memberi arang-para	Pemakaian rumah-tangga
	dari batubara	5	Kokas		Kekuatan tekanan tinggi	Oven-cemuk (dapur tinggi, dapur-kubah).
		6	Batubara tepung			Instalasi ketel-uap besar
		7	Briket			Pemakaian rumah-tangga
cair		1	Bensin	Rata-rata kira-kira 45 MJ/Nm^3	— massa-jenis (0,65 — 0,75) . 10^3 kg/m^3 — titik-didih 50 — 200° C	Motor-campuran (motor-bensin)
		2	Kerosin (minyak-tanah)		— massa-jenis (0,75 — 0,85) . 10^3 kg/m^3 — titik-didih 150 — 300° C	Motor-reaksi (motor-pancar-gas).
		3	minyak-gas (minyak diesel)		— massa-jenis (0,85 — 0,95) . 10^3 kg/m^3 — titik-didih 250 — 350° C	motor-semprot (motor-diesel)
		4	minyak-bakar			oven dan ketel-uap
bentuk gas		1	gas-bumi	30	— tak ada CO → tak beracun — tak ada S → alat-alat rumah tangga lebih tahan-lama	pemakaian industri dan alat-alat rumah-tangga
		2	gas-kota gas-oven kokas	15,5 16,5		Pemakaian industri dan alat-alat rumah-tangga.
		3	propan butan	92 117		Pemakaian industri dan alat-alat rumah-tangga.

15. PLASTIK DAN KARET

(Menurut data dari Persatuan Ilmu Bahan-Bahan dan buku tentang: "Apakah bahan buatan itu?" dan menurut prakarsa dari Ir. J.F. Kohlwey)

KATA PENGANTAR

Plastik berasal dari kata dalam bahasa Inggeris-Amerika plastics dan dalam bahasa Belanda "Plastieken", yang ditetapkan oleh Lembaga Normalisasi di Nederland.
Nama plastik ini didasarkan pada sifat bahan, bahwa dalam salah satu stadium pengolahannya bahan itu berada dalam keadaan plastis (= kenyal).

Bahan dasar

Bahan dasar untuk pengolahan plastik dan karet terutama adalah hasil batubara dan hasil minyak-bumi.
Hasil batubara dan hasil minyak bumi merupakan persenyawaan organik.
Persenyawaan organik itu terutama tersusun dari unsur zat-arang.
Persenyawaan organik tersebut dapat diatur dalam dua pembagian pokok sebagai berikut:

I. Persenyawaan alifatis

Dalam molekul ini atom zatarang selalu bersenyawa dalam *rangkai terbuka,* yang agak panjang atau bukan dan yang bercabang atau tidak.

II. Persenyawaan siklis

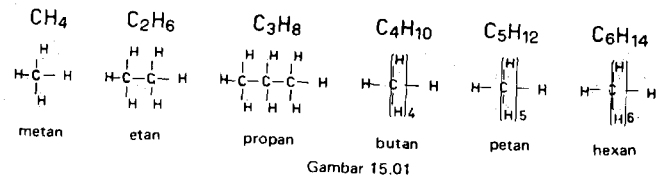
Dalam molekul ini atom zatarang bersenyawa dalam *rangkai tertutup*
Sekarang akan kita bahas dahulu beberapa persenyawaan organik yang jenuh.

I. Persenyawaan alifatis

Persenyawaan alifatis adalah persenyawaan yang semuanya dapat dijabar dari alkan atau zatair-arang jenuh.

1. Alkan (zatair-arang jenuh)

Alkan atau zatair-arang ialah persenyawaan yang hanya tersusun dari unsur zatarang dan zatair (lihat gambar 15.01).



Gambar 15.01

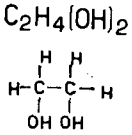
Zatarang bernilai empat dan zatair bernilai tunggal.

Tiap atom zatarang mempunyai empat valensi (baris) dan tiap atom zatair mempunyai satu valensi (baris).
Atom zatarang bersenyawa satu sama lain oleh satu persenyawaan.
Persenyawaan organik ini dinamakan jenuh, karena pada atom C tidak dapat lagi bersenyawa atom yang lain. Semua valensi (=baris) telah terpakai.

Persenyawaan alifatis yang alin dapat diperkirakan dijabar dari alkan atau dari zatair-arang jenuh, yaitu dengan jalan mengganti satu atom-H atau lebih dengan unsur atau kelompok unsur yang lain.

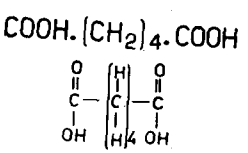
2. Alkanol (alkohol jenuh)

Satu atau lebih (tidak bersenyawa pada atom-C yang sama) atom-H diganti oleh kelompok hidroksil OH (lihat gambar 15.02).
Di belakang nama alkan diberi akhiran-ol setelah satu atom-H diganti atau akhiran-diol bila diganti dua atom-H.



etan-diol
(etilen-glisol)

Gambar 15.02



asam dikarbon butan
(asam-adipin)

Gambar 15.03

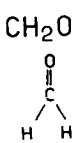
3. Asam karbon alkan (asam-lemak)

Satu atau lebih (tidak bersenyawa pada atom-C yang sama) atom-H diganti oleh kelompok karboxil COOH (lihat gambar 15.03).
Di muka nama alkan diberi awalan asam-karbon, bila yang diganti ha-

nya satu atom-H dan diberi awalan asam-dikarbon jikalau dua atom-H yang diganti.

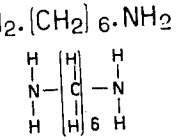
4. Alkanal (aldehid)

Dua atom-H diganti oleh atom zatasam O (lihat gambar 15.04). Di belakang nama alkan, diberi akhiran-al.



metanal
(formaldehid)

Gambar 15.04



hexametilendiamin

Gambar 15.05

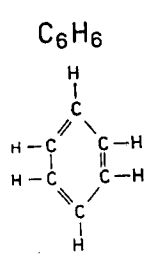
5. Amina

Satu atau lebih (tidak bersenyawa pada atom-C yang sama) atom-H diganti oleh kelompok amina NH_2 (lihat gambar 15.05).
Dalam nama dicantumkan jumlah kelompok-metilen CH_2 dan jumlah kelompok-amina NH_2.

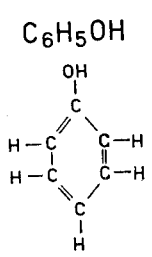
II. Persenyawaan siklis

6. Persenyawaan aromatis

Persenyawaan aromatis ialah persenyawaan yang semuanya dapat dijabar dari bensen atau bensol.



bensen
(bensol)
Gambar 15.06



hidroksi-bensen
(fenol)
Gambar 15.07

Bensen atau bensol itu adalah persenyawaan yang hanya tersusun dari unsur zatarang dan unsur zatair (lihat gambar 15.06).

Hidroksi-bensen atau fenol itu ialah bensen, di mana satu atom-H diganti oleh kelompok hidroksil OH (lihat gambar 15.07).
Sekarang akan kita bahas beberapa macam persenyawaan tak jenuh.

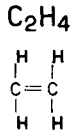
I. Persenyawaan alifatis

1. Alken (zatair-arang tak-jenuh)

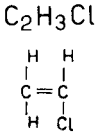
Alken atau zatair-arang tak-jenuh adalah persenyawaan yang hanya tersusun dari unsur zatarang dan zatair. Alken atau zatair-arang tak jenuh yang terpenting ialah eten (=ethene) (lihat gambar 15.08).

Tiap atom-zatarang mempunyai lagi empat valensi (baris) dan tiap atom zatair mempunyai lagi satu valensi (baris).
Akan tetapi atom-zatarang sekarang bersenyawa satu sama lain oleh dua persenyawaan.

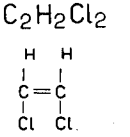
Persenyawaan organik ini dinamakan tak jenuh, karena kepada atom-C dapat bersenyawa lebih banyak atom.
Contoh: Pada atom-C dari eten masih dapat bersenyawa dua atom lagi, umpamanya atom-H. Untuk keperluan itu persenyawaan berganda antara atom-C harus "pecah", sehingga dua valensi yang kemudian menjadi bebas dapat diisi oleh atom-H. Dengan jalan demikian eten (=ethene) menjadi jenuh oleh zatair, sehingga kemudian menjadi zatair-arang yang jenuh, yang dinamakan etan (=etahne) (lihat gambar 15.01).
Jadi persenyawaan organik tak jenuh memberi ciri dengan persenyawaan berganda antara atom-zatarang.
"Pecahnya" persenyawaan berganda antara atom-zatarang sangat penting artinya untuk pengolahan plastik dan karet.



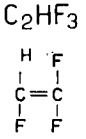
Eten (=ethene)
(vinil)



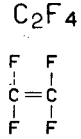
Eten (=ethene) monokhlor (vinil-khlorid)



Eten-dikhlor



Eten
tri-fluor



Eten
tetra-fluor

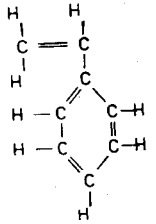
Gambar 15.08

Gambar 15.09

2. Alken yang dijabarkan

Satu atau lebih atom-H diganti oleh unsur-unsur lain (lihat gambar 15.09) atau oleh kelompok unsur (lihat gambar 15.10).
Nama alken disertai oleh mono-, di-, tri- atau tetra-, bila diganti masing-masing satu, dua, tiga atau empat atom-H dan kemudian disusul oleh nama dari unsur yang mengambil tempat dari atom-H (lihat gambar 15.09).
Suatu pengecualian dari ketentuan ini ialah stiren (=styrene), dimana satu atom-H digantikan oleh kelompok bensen (= benzene) (lihat gambar 15.10).

$C_2H_3C_6H_5$



Stiren

Gambar 15.10

Untuk data lain mengenai bahan-dasar untuk pengolahan plastik, periksalah buku pelajaran tentang ilmu kimia.

Pengolahan

Plastik dan karet tersusun dari molekul-molekul besar, yang dinamakan molekul-makro. Pada pengolahan plastik sintetis seluruhnya dan berbagai macam jenis karet, kita bertolak dari molekul kecil (=monomer), dari mana kemudian dengan berbagai cara dapat disusun molekul yang besar (=polimer).
Ada dua macam sistim yang penting untuk membuat monomer menjadi polimer, yaitu:

1. polimerisasi
2. polikondensasi

Kedua sistim ini akan kita bahas secara berturut-turut.

1. Polimerisasi

Dengan polimerisasi dimaksud menggabung molekul-molekul kecil menjadi molekul yang lebih besar; pada penggabungan itu *tidak* terjadi produk tambahan yang lain.

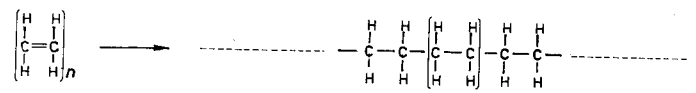
Bahan dasar untuk polimerisasi itu ialah persenyawaan-persenyawaan organik tak jenuh (lihat gambar 15.08 . . . . . gambar 15.10).
Untuk keperluan tersebut persenyawaan berganda antara atom-C harus "pecah". "Pemecahan" persenyawaan berganda dapat dilakukan dengan pengaruh:

a. suhu yang dinaikkan
b. tekanan yang ditingkatkan
c. katalisator
d. cahaya ultra-violet
e. sinar radio-aktif.

Sebagai contoh dicatat di sini polimerisasi dari eten (=ethene).
Jikalau dari suatu molekul eten "dipecah" persenyawaan berganda dari atom-C, kita akan memperoleh gambaran sebagai berikut:

Gambar 15.11

Jadi pada tiap molekul di sini terjadi *dua* kemungkinan persenyawaan baru. Molekul yang demikian rupa dinamakan *bi*-fungsionil.
Jikalau dari banyak molekul eten (=ethene) "dipecahkan" persenyawaan bergandanya antara atom-C dan molekul-molekul itu kemudian digabung menjadi satu molekul yang besar, maka proses ini dinamakan polimerisasi dan kita memperoleh suatu molekul panjang poli-eten (lihat gambar 15.12).



n molekul eten — poli-eten

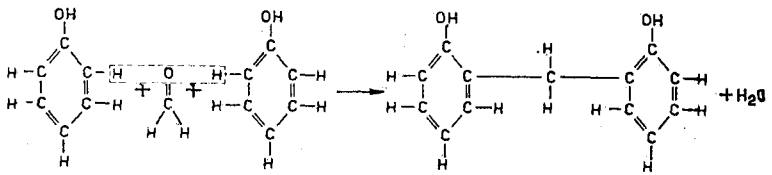
Gambar 15.12

Bilangan *n* dinamakan nilai-polimerisasi. Jadi pada umumnya nilai polimerisasi itu adalah banyaknya monomer dalam polimer. Bilangan itu besar sekali; yaitu sekitar 10^3 sampai 10^6.

2. Polikondensasi

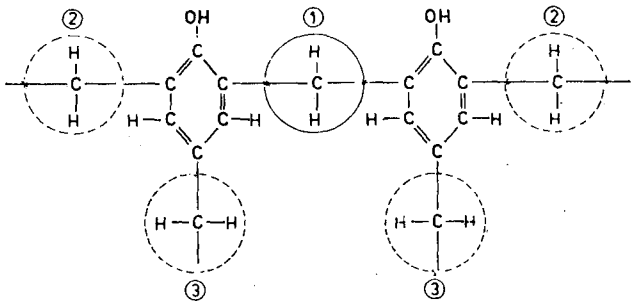
Dengan polikondensasi dimaksud penggabungan molekul-molekul kecil

menjadi molekul yang besar, dimana *ada* terjadi produk-tambahan.
Bahan-dasar dari polikondensasi ialah terutama persenyawaan organik yang jenuh (lihat gambar 15.01 sampai dengan gambar 15.07).
Untuk keperluan tersebut persenyawaan-persenyawaan ini harus mereaksi terhadap satu sama lain.
Sebagai contoh dicatat di sini polikondensasi dari hidroxi-bensen atau fenol dan metanal atau formaldehid.
Jikalau dua molekul fenol dan satu molekul formaldehid melakukan reaksi terhadap satu sama lain, akan kita peroleh gambaran sebagai berikut:



Gambar 15.13

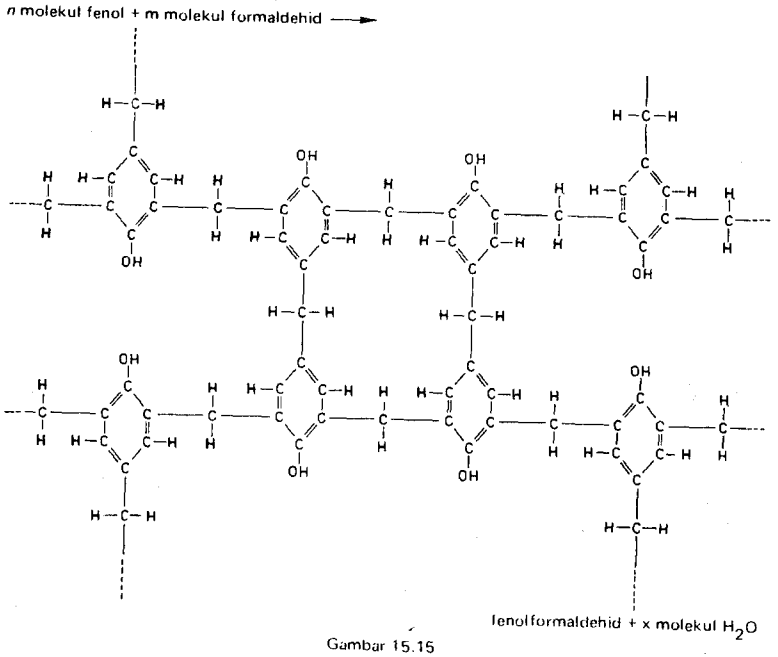
Jadi kedua molekul fenol digabung oleh kelompok CH_2 dan sebagai produk tambahan terjadi air.
Dengan kejadian ini reaksi belum selesai, karena kelompok CH_2 itu masih dapat diadakan di tempat lain dalam molekul-fenol, yaitu di tempat yang dilingkari garis putus-putus pada gambar 15.14.



Gambar 15.14

Jadi pada reaksi bertingkat ini pada tiap molekul-fenol dapat terjadi *tiga* kemungkinan persenyawaan yang baru dan pada tiap molekul formaldehid dapat terjadi dua kemungkinan persenyawaan yang baru.

Molekul yang semacam ini masing-masing dinamakan *tri*-fungsionil dan *bi*-fungsionil.
Jikalau kita mereaksikan banyak molekul fenol dan banyak molekul formaldehid terhadap satu sama lain dan molekul ini kemudian digabungkan, maka peristiwa ini dinamakan polikondensasi dan kita memperoleh molekul fenol-formaldehid bentuk jala yang besar dan sejumlah molekul air (lihat gambar 15.15).



Gambar 15.15

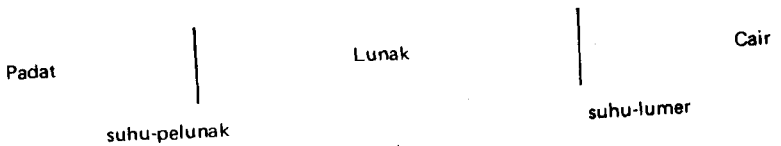
PLASTIK

Termoplas dan termoharder
Plastik dapat dibagi dalam dua kelompok utama, yaitu:
1. termoplas
2. termoharder
Sekarang akan kita bahas berturut-turut sifat dari kedua kelompok-utama plastik ini.

1. Termoplas

Termoplas itu tersusun dari molekul-molekul panjang.
Pada gambar 15.12 dilukiskan sebuah molekul poli-eten yang panjang.
Jikalau suatu molekul yang panjang itu diumpamakan sebagai sebuah garis yang ditarik dan kita letakkan umpamanya dua buah molekul panjang berdampingan, maka gambar 15.16 memperlihatkan suatu gambaran dari sebuah termoplas dalam keadaan padat. *Dalam keadaan yang sesungguhnya tentu saja molekul panjang itu tidak bersusun rapi berdampingan, melainkan malang melintang terhadap satu sama lain.*

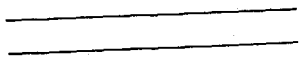
Jikalau termoplas itu dipanaskan, untuk menjaga keseimbangannya maka molekul panjang akan bergerak lebih banyak. Suhu pemanasan yang menyebabkan proses ini dinamakan *suhu-pelunak.* Bahan menjadi lunak. Bila termoplas dipanaskan lebih lama molekul panjang akan bergerak ke luar dari keseimbangannya dan berpindah tempat terhadap satu sama lain. Suhu yang menyebabkan proses itu dinamakan *suhu-lumer.* Bahan menjadi cair. Perubahan dari fasa padat ke fasa cair melalui fasa lunak berlangsung secara teratur dan berangsur-angsur (lihat gambar 15.17).



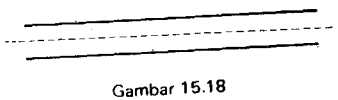
Gambar 15.17

Jadi antara fasa padat dan fasa cair terdapat suatu fasa-antara tambahan, di mana bahan itu berada dalam keadaan lunak. Dalam keadaan ini bahan itu dikatakan plastis.
Jadi termoplas itu adalah bahan, yang menjadi plastis karena pemanasan dan bentuknya dapat dirobah dalam keadaan plastis itu.

Jikalau suatu bahan-pelarut diumpamakan sebagai sebuah garis putus-putus, maka gambar 15.18 memberikan gambaran bagaimana caranya bahan-pelarut dapat menyusup di antara molekul.



Gambar 15.16



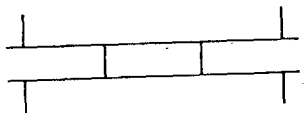
Gambar 15.18

Jadi termoplas itu dapat larut dalam bahan-pelarut tertentu.

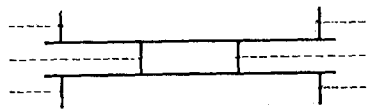
2. Termoharder

Termoharder ini tersusun dari molekul bentuk jala yang besar.
Pada gambar 15.15 dilukiskan sebuah molekul bentuk jala yang besar dari fenolformaldehid.
Jikalau molekul bentuk jala yang besar itu dilukiskan lagi sebagai garis yang ditarik, maka gambar 15.19 memberikan gambaran dari sebuah termoharder dalam keadaan padat. Bandingkanlah gambar 15.15 dengan gambar 15.19. *Dalam keadaan yang sesungguhnya tentu saja molekul bentuk jala yang besar itu berada dalam ruang-angkasa.*
Bila termoharder itu dipanaskan, maka rangkai yang panjang itu masih dapat bergerak sedikit lebih banyak sekitar kedudukan seimbangnya, akan tetapi tidak dapat bergerak sampai ke luar dari kedudukan seimbang tersebut dan tidak akan berpindah terhadap satu sama lain, karena rangkai tersebut bersenyawa satu sama lain secara langsung. Ini hanya mungkin terjadi bila persenyawaannya diputus, akan tetapi zat akan terurai.
Jadi termoharder itu adalah bahan, yang tidak menjadi plastis karena pemanasan dan sama sekali tidak mencair.
Termoharder itu pernah menjadi plastis dalam salah satu stadium pengolahannya. Jadi perubahan bentuk dilakukan pada saat stadium plastis tersebut.

Jikalau suatu bahan-pelarut diumpamakan lagi dengan sebuah garis putus-putus, maka gambar 15.20 menunjukkan suatu gambaran, bagaimana bahan-pelarut hanya sebagian dapat menyusup di antara rangkai. Pada suatu saat bahan-pelarut terhenti pada persenyawaan antara rangkai.



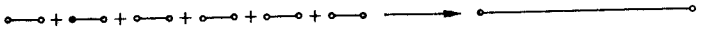
Gambar 15.19



Gambar 15.20

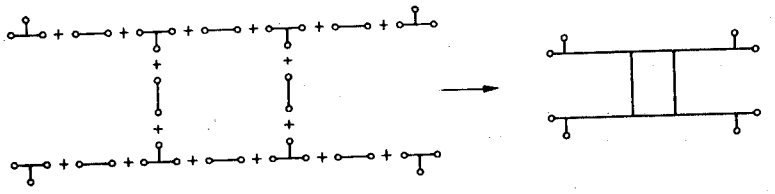
Jadi termoharder itu tidak dapat larut.
Bila antara rangkai hanya terdapat sedikit persenyawaan (lihat gambar 15.20), paling banyak akan terjadi bengkakan saja.

Bahwa dalam kenyataannya kita memilih produk polimerisasi poli-eten sebagai contoh dari suatu termoplas dan produk polikondensasi fenolformaldehid sebagai contoh dari suatu termoharder, janganlah diambil kesimpulan, bahwa dengan polimerisasi hanya diperoleh termoplas dan dengan poli-kondensasi, hanya diperoleh termoharder.
Terjadinya termoplas atau termoharder itu tidak tergantung dari sistim pengolahan, melainkan dari fungsionalitas dari molekul.
Suatu molekul eten (=ethene) yang pecah persenyawaan bergandanya, tetah dinamakan *bi*-fungsionil karena timbulnya *dua* kemungkinan persenyawaan yang baru.
Molekul bi-fungsionil dapat dirajut satu sama lain menjadi molekul panjang (lihat gambar 15.21).



Gambar 15.21

Setelah reaksi bertingkat berlangsung, molekul fenol dan molekul formaldehid masing-masing dinamakan *tri*-fungsionil dan *bi*-fungsionil, karena kemudian terjadi *tiga* dan *dua* kemungkinan persenyawaan.
Molekul *tri*-fungsionil dan *bi*-fungsionil dapat dirajut menjadi rangkai panjang yang dihubungkan satu sama lain (lihat gambar 15.22).



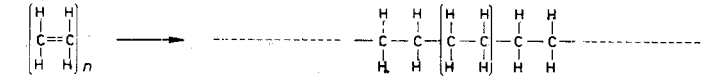
Gambar 15.22

Jenis, sifat dan pengggunaan

Termoplas

Poli-eten (=poly-ethene) (pe)

Poli-eten diperoleh dari batubara atau minyak-bumi dengan jalan polimerisasi eten (lihat gambar 15.23).



Gambar 15.23

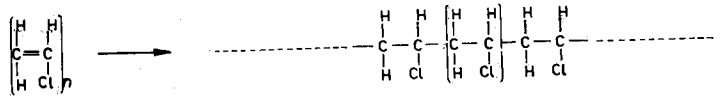
Poli-eten rasanya berlemak dan bila bersinggungan dengan nyala-api memberi bau parafin yang tajam (bau-lilin).
Bila molekul panjang dilukiskan kembali dengan garis yang ditarik, maka gambar 15.24 memberi gambaran dari poli-eten.

Gambar 15.24

Cabang-cabang yang harus melukiskan atom zat-cair, tidak dilukiskan pada gambar 15.24, oleh karena atom zatair itu kecil sekali bila dibandingkan dengan atom yang lain.
Jadi rangkai panjang dari molekul poli-eten itu lancar dan karena itu rangkai tersebut dapat bergerak dengan mudah terhadap satu sama lain, yang berarti bahwa poli-eten ini lunak dan sangat kenyal.
Jadi sifat mekanisnya sedang, sehingga bahan tersebut tidak sesuai untuk digunakan pada konstruksi bangunan mesin. Hanya mungkin digunakan pada bangunan mesin, bila pada bagian itu hanya sedikit atau sama sekali tak terdapat gaya yang bekerja, umpamanya sebagai alat penutup yang fleksibel dan sebagainya.
Rangkai panjang dari molekul poli-eten (=polyethene), karena cabang-cabangnya begitu kecil, terletak terlampau dekat terhadap satu sama lain, sehingga bahan-pelarut sulit menyusup di antara sela-selanya; ini berarti bahwa poli-eten (=polyethene) itu sukar untuk dilarutkan. Dengan demikian sifat tahan pengaruh kimianya baik sekali. Penggunaan yang paling penting dalam teknik ialah sebagai pipa untuk industri kimia atau untuk saluran air (lihat gambar 15.58).
Sifat elektriknya juga baik. Penggunaan yang paling penting dalam teknik listrik ialah sebagai isolasi untuk arus frekwensi tinggi.
Selanjutnya poli-eten banyak digunakan dalam pembuatan alat rumah tangga dan mainan anak-anak.

Polivinil-khlorid (pvc)

Polivinil-khlorid diperoleh dari batubara dengan jalan polimerisasi terhadap mono-khlor eten atau vinil-khlorid (lihat gambar 15.25).



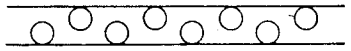
n molekul vinil-khlorid — polivinil-khlorid

Gambar 15.25

Polivinil-khlorid, bila bersinggungan dengan api memberi bau asam-garam yang tajam (bau khlor).
Ada dua macam polivinil-khlorid penting yang terkenal.

1. Polivinil-khlorid keras

Bila molekul yang panjang dilukiskan kembali dengan garis yang ditarik, maka gambar 15.26 memberi gambaran dari jenis polivinil-khlorid yang pertama.



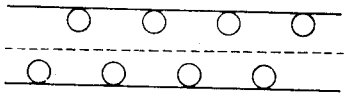
Gambar 15.26

Cabang-cabang yang merupakan atom-khlor ada dilukiskan pada gambar 15.26, oleh karena atom-khlor itu besar bila dibandingkan dengan atom zatair.

Jadi rangkai panjang dari molekul polivinil-khlorid itu tidak lancar dan karena itu tidak dapat bergerak dengan mudah terhadap satu sama lain. Atom-khlor yang diperlihatkan berbentuk bola, pada perubahan bentuk harus bergerak satu di atas yang lain.
Ini berarti bahwa jenis polivinil-khlorid ini keras dan tidak banyak dapat dibengkokkan. Oleh sebab itu jenis ini dinamakan polivinil-khlorid keras. Jadi sifat mekanisnya baik, akan tetapi rapuh.
Penggunaan teknik yang terpenting ialah sebagai pipa dalam industri kimia dan saluran air dan sebagai pipa dalam antaran listrik.
Karena sifatnya yang baik untuk pengerjaan, pelat polivinil-khlorid yang keras banyak digunakan sebagai bahan konstruksi untuk keran-tutup, pompa dan ventilator, yang berhubungan dengan alat-kimia.

2. Polivinil-khlorid lunak

Karena cabangnya besar sekali, rangkai panjang dari molekul polivinil-khlorid tidak terletak berdekatan satu sama lain, sehingga bahan-pelarut dapat menyusup antara sela-selanya.
Dengan penambahan bahan-pelarut khusus cukup banyak, yang dinamakan *bahan-pelunak,* molekul polivinil-khlorid dapat direnggangkan lebih besar.
Jikalau bahan-pelarut dilukiskan kembali sebagai garis putus-putus, maka gambar 15.27 memberi gambaran tentang jenis polivinil-khlorid yang kedua.

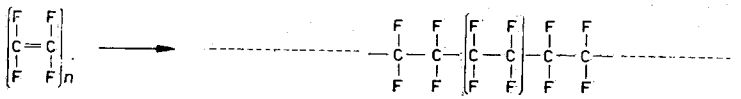


Gambar 15.27

Sekarang rangkai dari molekul polivinil-khlorid yang panjang dapat bergerak lebih mudah terhadap satu sama lain.
Kini atom-khlor yang diumpamakan sebagai bola itu tidak perlu lagi bergerak satu di atas yang lain. Ini berarti bahwa jenis polivinil-khlorid ini lunak dan dapat dibengkokkan dari sedang sampai banyak sekali. Itulah sebabnya polivinil-khlorid ini dinamakan lunak.
Sifat mekanisnya tergantung dari jenis dan kwantitas dari alat-pelunak yang dipakai, akan tetapi pada umumnya sedang, sehingga bahan ini tidak sesuai untuk digunakan dalam konstruksi bangunan mesin. Bahan tersebut digunakan orang untuk saluran (umpamanya saluran minyak dan saluran bensin), untuk selang kebakaran dan sebagainya.
Polivinil-khlorid lunak adalah salah satu bahan yang paling banyak digunakan untuk barang rumah-tangga, seperti gorden, pelapis dinding, alas meja dan sebagainya. Selain dari itu juga banyak dipakai untuk membuat baju hujan.

Politetrafluor-eten (teflon)

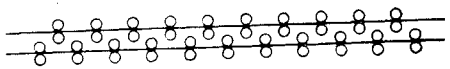
Politetrafluor-eten diperoleh dari batubara dan fluorit dengan polimerisasi dari tetrafluor-eten (lihat gambar 15.28).



n molekul tetrafluor-eten — politetrafluor-eten

Gambar 15.28

Politetrafluor-eten rasanya berlemak dan tidak boleh dipanaskan di atas suhu tertentu, karena oleh penguraian akan bebas uap fluor yang sangat beracun.
Massa-jenis dari politetrafluor-eten $2.2.10^3$ kg/m^3 dan suhu penggunaan maksimumnya tinggi, yaitu sebesar 260^0 C.
Jikalau molekul panjangnya diumpamakan kembali seperti garis yang ditarik, maka gambar 15.29 memberi gambaran tentang politetrafluor-eten.

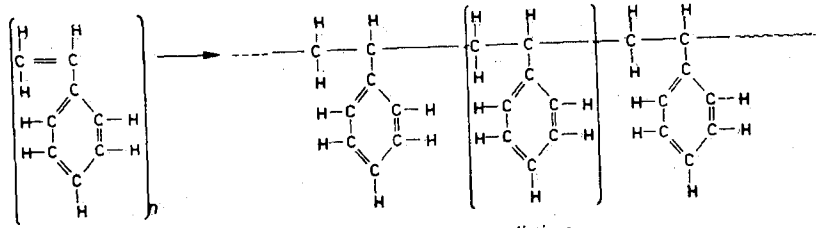


Gambar 15.29

Cabangnya yang banyak itu, yang merupakan atom-fluor, cukup besar jumlahnya bila dibandingkan dengan atom zatair. Ada empat atom zatair yang digantikan oleh atom-fluor.
Jadi rangkai panjang dari molekul politetrafluor-eten itu cukup lancar dan karena itu dapat bergerak dengan agak mudah di antara satu sama lain, yang berarti bahwa politetrafluor-eten tersebut lunak dan dapat dibengkokkan. Jadi sifat mekanis sedikit lebih baik daripada poli-eten.
Selain dari itu bahan ini mempunyai kofisen-gesek yang rendah dan daya tahan-aus yang tinggi.
Karena harga bahan tersebut tinggi, penggunaannya sangat terbatas pada keperluan khusus saja. Penggunaan teknik yang terpenting ialah untuk paking, sambungan ekspansi, pipa dan sebagainya (lihat gambar 15.59).
Penggunaan teknik penting yang lain ialah sebagai bahan-pengisi pada bantalan-luncur dari perunggu atau dari damar.

Polistiren (=polystyrene)

Polistiren diperoleh dari batubara dengan jalan polimerisasi dari stiren (=styrene) (lihat gambar 15.30).



n molekul stiren — polistiren

Gambar 15.30

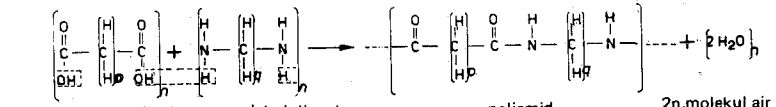
Polistiren berbunyi seperti kaca dan bila bersinggungan dengan nyala-api memberi bau yang sedap.
Dengan menambahkan bahan-warna, polistiren itu dapat diperoleh dalam segala macam warna, juga dalam keadaan bening. Sifat yang terakhir ini banyak sekali dipergunakan dalam praktek.
Jikalau molekul panjang kita umpamakan kembali dengan garis yang ditarik, maka gambar 15.31 memberi gambaran tentang polistiren.

Gambar 15.31

Cabangnya yang merupakan kelompok bensen, banyak sekali.
Jadi rangkai panjang dari molekul polistiren sama sekali tidak lancar (vloeiend) dan karena itu molekul hampir tak bisa bergerak terhadap satu sama lain.
Kelompok-bensen yang diumpamakan persegi enam itu, pada perobahan bentuk harus bergerak di sekitar satu sama lain. Ini berarti bahwa polistiren tersebut keras dan hanya sedikit dapat dibengkokkan. Polistiren lebih keras daripada polivinil-khlorid.
Jadi sifat mekanisnya baik, akan tetapi rapuh. Dipergunakan untuk kaca-pelihat. Sifat listriknya adalah baik.
Penggunaan dalam teknik yang penting ialah sebagai isolasis dari arus frekwensi-tinggi.
Polistiren adalah bahan yang paling murah dan yang paling mudah dikerjakan sebagai produksi massa untuk barang-barang rumah-tangga dan mainan anak.
Akan tetapi bahan ini peka terhadap sinar lembayung-ultra dan karena itu lebih baik tidak digunakan di bawah sinar matahari penuh.

Poliamid atau nilon

Poliamid, dapat diperoleh dengan berbagai macam cara.
Menurut sistim pertama poliamid itu diperoleh dari batubara dengan jalan polikondensasi dari asam-dikarbon alifatis dan di-amin alifatis (lihat gambar 15.32).
Berbagai macam poliamid yang dapat diperoleh dengan jalan demikian, dinyatakan dengan istilah nilon diikuti oleh dua bilangan, yang menunjukkan dari berapa atom-C asam-dikarbon itu terdiri dan dari berapa atom-C di-amin itu tersusun.
Jadi penunjukannya ialah nilon (p+2) – q.



n.molekul asam-dikarbon n.molekul di-amin poliamid 2n.molekul air

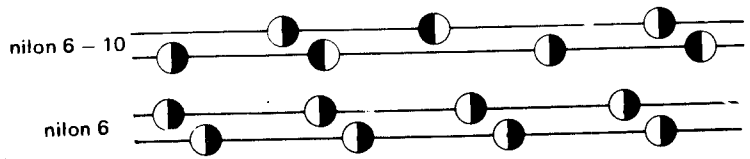
Gambar 15.32

Jikalau poliamid itu dibuat dari asam-dikarbon butan atau dari asam-adipin [COOH – $(CH_2)_4$ – COOH] dan heksa-metilendiamin [NH_2 – $(CH_2)_6$ – – NH_2], maka penunjukan dari poliamid ini ialah nilon (4 + 2) – 6, jadi nilon 6 – 6. Kami minta perhatian anda di sini bahwa poliamid ini adalah *termoplas,* yang diperoleh dengan jalan *polikondensasi* dari dua molekul *bi*-fungsionil yang berbeda.

Menurut sistim yang kedua poliamid itu diperoleh dari batubara dengan jalan polimerisasi dari kaprolaktam [CO – $(CH_2)_5$ – NH] dan penunjukan dari poliamid ini sesuai dengan ketentuan tersebut di atas, nilon (5 + 1); jadi nilon 6.

Poliamid berbunyi tidak nyaring dan bila bersinggungan dengan nyala-api memberi bau yang tidak sedap, seperti tanduk dibakar.

Poliamid mempunyai suhu-pelunak yang agak tinggi sebesar 150° C. Jikalau molekul panjang diumpamakan lagi dengan garis yang ditarik, maka gambar 15.33 memperlihatkan gambaran dari poliamid.



Gambar 15.33

Buhul yang mengumpamakan persenyawaan antara molekul ternyata agak besar. Jadi rangkai molekul-poliamid yang panjang tidak begitu lancar dan karena itu tidak dapat bergerak dengan mudah terhadap satu sama lain, yang berarti bahwa poliamid itu cukup keras.

Bagian-bagian antara buhul yang harus mengumpamakan jumlah kelompok metilen tertentu, sangat panjang bila dibandingkan dengan plastik yang telah dibahas sebelum ini.

Jadi bagian yang panjang antara buhul dari molekul-poliamid dapat banyak diregang-regang, yang berarti bahwa poliamid itu sangat kenyal dan dapat dibengkokkan.

Jadi sifat mekaniknya baik sekali. Poliamid ini cukup keras, sangat kenyal dan dapat dibengkokkan. Dengan penambahan serat-kaca sifat-sifat itu masih dapat diperbaiki lagi.

Selain dari itu poliamid ini mempunyai kofisen-gesek yang rendah dan daya tahan-aus yang tinggi. Karena semua sifat ini poliamid tersebut merupakan bahan yang penting dalam bangunan mesin. Di antara demikian banyak penggunaannya yang khas, di sini hanya akan disebutkan empat macam.

Yang pertama adalah yang dinamakan gelang-penjamin "Dubo", yang merupakan suatu penggunaan yang istimewa, yang seluruhnya dibuat dari nilon 6. Gelang ini adalah suatu gelang-alas dengan bentuk profil khusus dan dipakai sebagai gelang penjamin untuk mur (lihat gambar 15.60).

Suatu penggunaan khas yang lain ialah bantalan-luncur.

Di sini poliamid itu sangat sesuai karena kofisen-geseknya rendah dan daya tahan-ausnya tinggi. Keburukan dari poliamid ialah, daya-antar panasnya buruk. Suatu keberatan yang lain dapat dicatat di sini bahwa bila dipakai di tempat yang basah, poliamid tersebut menyerap air dan karena itu memperoleh pembesaran voluma (lihat gambar 15.61).

Penggunaan khas yang ketiga ialah sebagai sabuk-mesin yang sebagian atau seluruhnya dibuat dari nilon.

Sabuk-mesin ini sangat lentur dan sangat tahan-aus dan selain dari itu dapat dilas hampir tidak kelihatan.

Sebagai penggunaan khas yang terakhir dicantumkan di sini roda-gigi, dimana sifat tahan-aus poliamid yang tinggi itu mempunyai peranan yang penting (lihat gambar 15.62).

Penggunaan yang lain dari poliamid ialah pada alat-alat pesawat telepon, pesawat kedokteran dan sebagainya.

Termoplas yang lain

Di bawah ini dicantumkan beberapa macam termoplas penting yang lain dan disamping itu dicatat pula persamaannya dengan termoplas yang telah dibahas sebelum ini.

Polipropen — Poli-eten

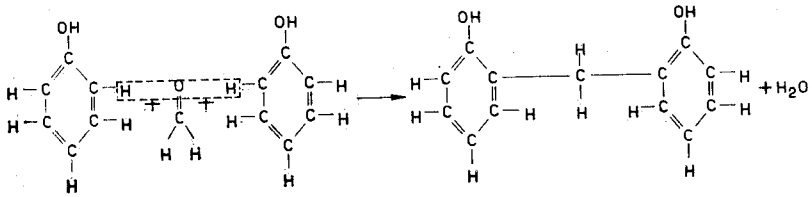
Polimetilmetakrilaat (perspeks, kaca-pleksi) — Poli-stiren, akan tetapi kurang rapuh

Poliformaldehid atau poli-oximetilen (suatu poli-asetal) (delrin) Polifenilen-oksid Poli-etentereftalat (arnit)	Poliamid atau nilon, akan tetapi lebih kurang peka terhadap air.

Termoharder

Fenolformaldehid (bakelit, pertinaks, novoteks)

Fenolformaldehid diperoleh dari batubara dengan jalan polikondensasi dari fenol dan formaldehid (lihat gambar 15.34).



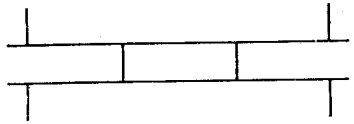
Gambar 15.34

Untuk jalannya reaksi bertingkat ini selanjutnya lihatlah gambar 15.14 dan gambar 15.15, di mana ternyata terbentuknya suatu molekul fenolformaldehid yang besar, berupa jala-jala.

Bila bersinggungan dengan nyala-api fenolformaldehid itu akan menjadi arang dan mengeluarkan bau fenol yang lemah.

Fenolformaldehid berwarna bening seperti kaca, akan tetapi karena pengotoran warnanya berubah menjadi cokelat muda sampai coklelat tua.

Jikalau rangkai yang panjang diumpamakan lagi sebagai garis yang ditarik, maka gambar 15.35 memberi gambaran tentang fenolformaldehid.



Gambar 15.35

Jadi rangkai panjang dari fenolformaldehid bersambungan langsung satu dengan yang lain dan karena itu tidak dapat saling bergeser, yang berarti bahwa fenolformaldehid itu keras dan hanya sedikit dapat dibengkokkan.

Jikalau fenolformaldehid disediakan dalam bentuk cetakan, maka ruang yang berbentuk jala seringkali diisi dengan bahan pengisi seperti

gergajian kayu, serat asbes dan serpih-mika. Cetakan semacam ini terdapat dalam perdagangan dengan nama bakelit.

Jikalau fenolformaldehid disediakan dalam bentuk pelat, maka pelat tersebut diberi lapisan kertas atau kain lenan. Pelat ini diperjual belikan dengan nama pertinaks atau novoteks.

Sifat mekanisnya tergantung dari bahan pengisi dan dari lapisan kertas atau lenan, akan tetapi pada umumnya adalah baik.

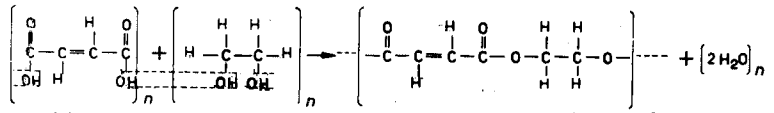
Selain dari itu fenolformaldehid mempunyai daya tahan-aus yang besar, sehingga dalam bangunan mesin terpakai untuk beberapa macam pelaksanaan yang khas. Sebagai contoh umpamanya bubungan, bantalan-luncur dan roda-gigi. Fenolformaldehid untuk bantalan-luncur diberi grafit, guna memperbaiki sifat-luncurnya.

Penggunaaan teknik yang terpenting dari bakelit, pertinaks dan novoteks terdapat pada teknik listrik. Sebagai contoh dapat dicatat lemari-aparat, rumah-sakelar dan sebagainya.

Selanjutnya bahan ini banyak digunakan untuk barang perkakas rumah-tangga.

Damar poli-ester dan poli-ester yang tak jenuh

Damar poli-ester yang tak jenuh diperoleh dari batubara dengan jalan polikondensi dari asam-dikarbon yang tak jenuh dan dialkohol. Biasanya digunakan asam dikarbon-eten atau asam-malein dan diol-etan atau etilen-glisol (lihat gambar 15.36).



Gambar 15.36

Damar poli-ester tak jenuh yang terjadi adalah cair.

Damar poli-ester tersebut tersusun dari molekul yang panjang, yang mengandung persenyawaan berganda, berasal dari asam-dikarbon eten yang tak jenuh.

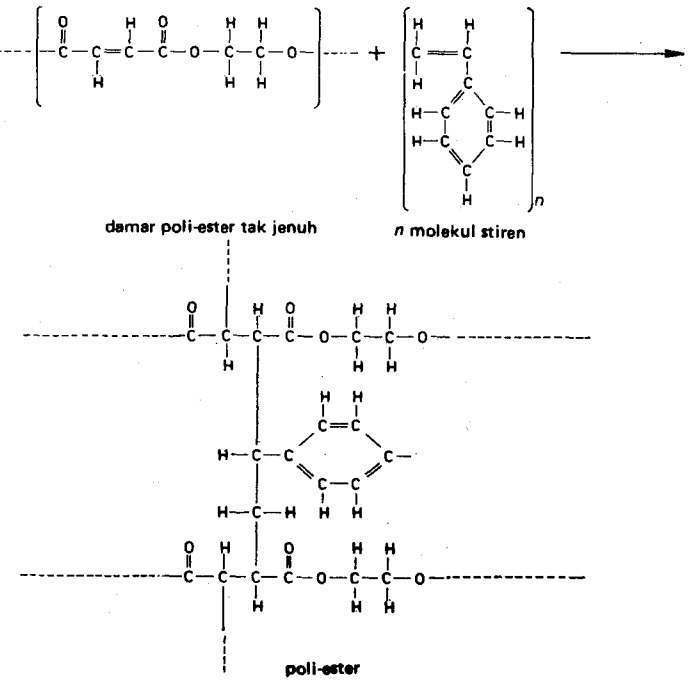
Karena persenyawaan berganda ini, damar poli-ester yang tak jenuh dapat melakukan polimerisasi dengan umpamanya stiren (=styrene).

Stiren itu juga cair. Stiren tersusun dari molekul yang juga mengandung persenyawaan berganda.

Untuk mencapai polimerisasi, persenyawaan berganda dari molekul panjang damar poli-ester yang tak jenuh dan persenyawaan berganda dari molekul stiren harus "pecah", sehingga pada tiap molekul terjadi dua kemungkinan baru dan molekul-molekul itu dapat digabung satu sama lain (lihat gambar 15.37).

Pada saat itu terjadi persenyawaan melintang antara molekul-molekul panjang dan itulah sebabnya mengapa proses polimerisasi ini kadang-kadang dinamakan hubungan melintang.

Kita kini memperoleh molekul poli-ester berbentuk jala yang besar. Jadi poli-ester itu ialah termoharder, yang diperoleh dengan jalan polimerisasi dari damar poli-ester yang tak jenuh dan stiren.



Gambar 15.37

Suatu keuntungan dari polimerisasi ini ialah, bahwa proses dapat berlangsung pada suhu-kamar dan tekanan atmosferis, dengan jalan menyatukan damar poli-ester tak jenuh serta cair itu dengan stiren cair dan dengan penambahan suatu macam katalisator dan bahan untuk mempercepat. Jadi mudah sekali untuk dibuat.

Poli-ester seringkali diberi perkuatan serat-kaca. Hal ini dapat diketahui dari serat-kaca yang kelihatan pada satu sisi.

Bila poli-ester bersinggungan dengan nyala-api, poli-ester itu akan hangus dan memberi bau "permen" yang tajam.

Jikalau rangkai panjang kita umpamakan lagi dengan garis yang ditarik, maka gambar 15.38 memperlihatkan gambaran tentang poli-ester.

Gambar 15.38

Jadi rangkai panjang dari molekul poli-ester berhubungan langsung satu sama lain dan karena itu tidak dapat saling bergerak, yang berarti bahwa poli-ester itu keras dan tidak dapat banyak dibengkokkan. Akan tetapi poli-ester dengan perkuatan serat-kaca cukup keras dan dapat dibengkokkan.

Sifat mekanis dari poli-ester dengan perkuatan serat-kaca adalah baik sekali. Kekuatan-tarik dari 250 sampai 300 N/mm^2 mungkin dicapai.

Oleh sebab itu bahan ini cocok untuk dipakai dalam pekerjaan konstruksi. Penggunaan terpenting ialah lemari-aparat, karoseri mobil, tubuh kapal dan sebagainya.

Poli-ester tanpa perkuatan serat-kaca digunakan untuk tuangan ke dalam alat-bagian listrik.

Termoharder yang lain

Di bawah ini dicantumkan termoharder penting yang lain dan disamping itu dicatat juga persamaannya dengan termoharder yang telah dibahas sebelum ini.

Ureum formaldehid	Fenolformaldehid, akan tetapi juga dalam warna yang lain.
Melamin-formaldehid	
Damar-epoksi dan ekspoksi	Damar poli-ester tak-jenuh dan poli-ester.

PERPUSTAKAAN WILAYAH DEP. P DAN K
Jl. Walikota Mustajab. 68
SURABAYA

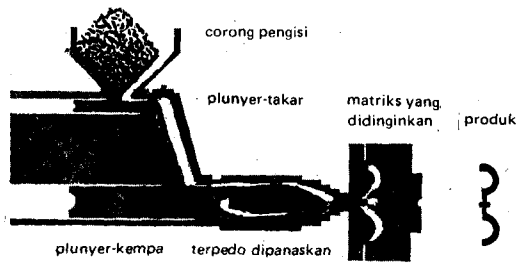
Pemberian bentuk

Dengan pemberian bentuk dimaksud membawa bahan ke dalam bentuk tertentu. Bentuk itu dapat merupakan produk-tanggung atau produk-akhir. Pemberian bentuk itu dibedakan dalam pengolahan dan pengerjaan.

Pengolahan termoplas.

1. Penuangan-semprot (lihat gambar 15.39).

Corong pengisi diisi dengan termoplas yang berbentuk butir.
Sejumlah termoplas tertentu dimasukkan ke dalam silinder yang dipanaskan melalui plunyer-takar dan plunyer-kempa. Dalam silinder yang dipanaskan itu termoplas dicairkan di bawah tekanan dan sesudah itu disemprotkan ke dalam matriks dingin atau yang didinginkan.
Produk semprotan itu kemudian dikeluarkan dari matriks.
Jumlah waktu-siklus biasanya 10 sampai 30 detik (sekon).

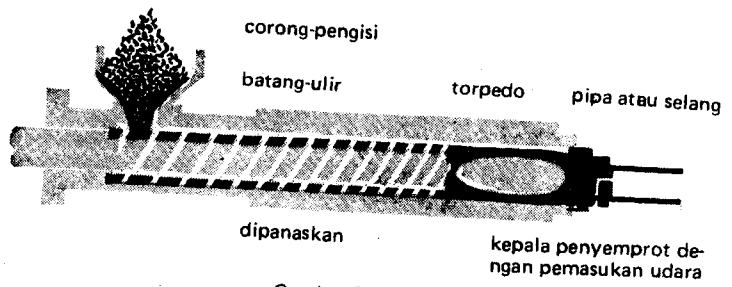


Gambar 15.39

2. Ekstrudasi (lihat gambar 15.40)

Corong-pengisi diisi dengan termoplas berbentuk butir.
Termoplas dimasukkan secara terus-menerus oleh sebuah batang berulir ke dalam silinder yang dipanaskan. Termoplas dicairkan di bawah tekanan dalam silinder yang dipanaskan dan kemudian disemprotkan melalui sebuah kepala penyemprot.
Produk yang diperoleh secara demikian didinginkan oleh udara dan akhirnya dipotong-potong menurut ukuran yang diinginkan atau digulung.

Sistim pengolahan ini digunakan dalam pembuatan pipa, selang, isolasi-kabel dan pembungkus kabel, profil, pelat dan fuli (fuli-datar).

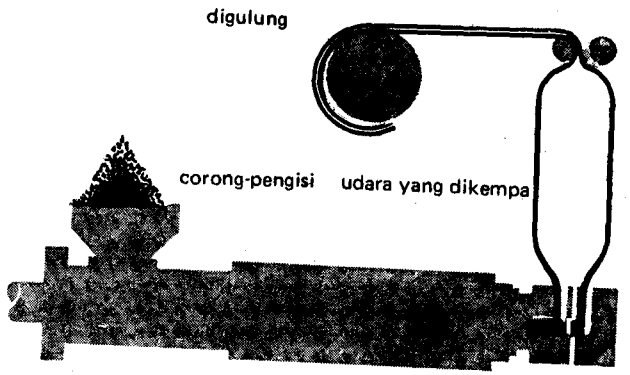


Gambar 15.40

3. Mengembus (lihat gambar 15.41)

Di sini digunakan mesin yang serupa dengan pengolahan ekstrudasi, akan tetapi dengan kepala penyemprot yang berlainan (bandingkan gambar 15.40 dengan gambar 15.41).
Pipa yang diperoleh melalui kepala-penyemprot dihembus oleh udara kempaan. Garistengah pipa kemudian bertambah besar dan tebal dinding-nya berkurang. Ukuran tebal dinding dapat dibuat sampai 0,01 mm atau kurang dari itu.

Pipa yang diperoleh dengan cara demikian rupa dipicakkan oleh dua buah rol, lalu digulung.
Sistim pengolahan ini digunakan pada pembuatan fuli (=fuli-hembus).

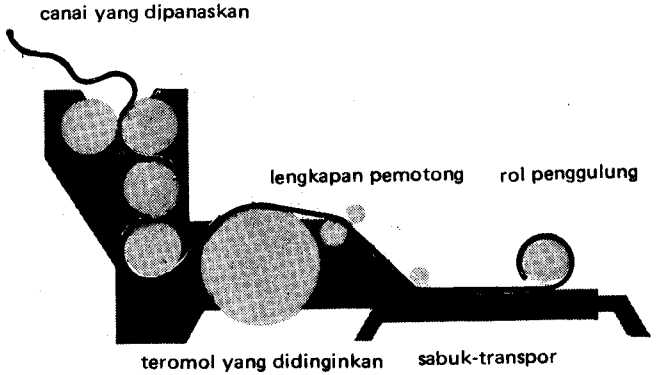


Gambar 15.41

Sistim pengolahan ini dapat juga digunakan untuk membuat botol, bola dan sebagainya. Dalam hal ini ujung pipa sebelah bawah dimatikan, lalu pipa digantungkan dalam matriks dan kemudian pipa dihembus sampai ke dinding matriks.

4. Pengolahan-kalander (=melicinkan seperti kaca) (lihat gambar 15.42)

Termoplas dicanai sampai ke ukuran tebal yang diinginkan antara canai yang dipanaskan.
Hasil yang diperoleh secara demikian rupa dibawa sepanjang teromol yang didinginkan dan sesudah itu dipotong menurut ukuran yang dibutuhkan atau digulung.

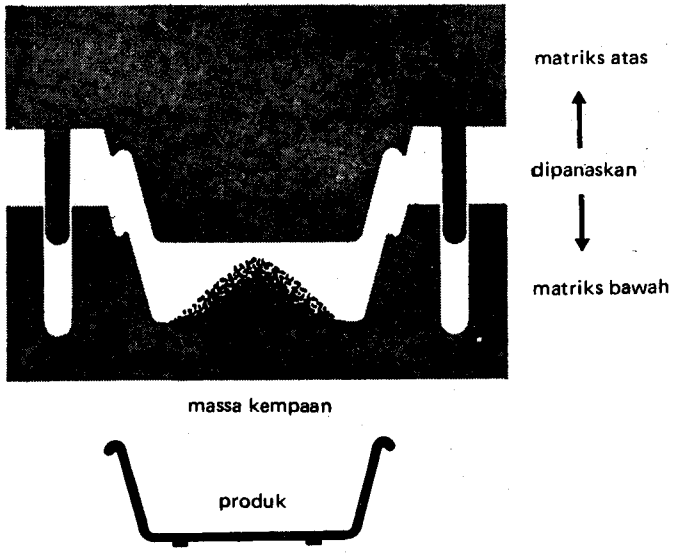


Gambar 15.42

Pengolahan termoharder

1. Dikempa (lihat gambar 15.43)

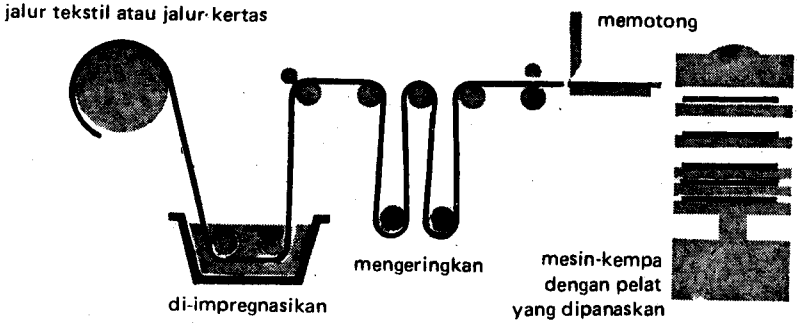
Matriks yang dibuka, diisi dengan sejumlah tepung atau tablet yang ditakar dan yang dipanaskan lebih dahulu.
Ketika matriks yang dipanaskan itu ditutup, massa kempaan menjadi cair karena suhu dan tekanan. Seluruh bahan-cair mengisi matriks, yang kemudian disusul dengan pengerasan.
Setelah melalui waktu-kempaan yang telah ditetapkan, matriks dibuka kembali dan hasil yang diperoleh dapat dikeluarkan dari matriks.



Gambar 15.43

2. Laminasi (lihat gambar 15.44)

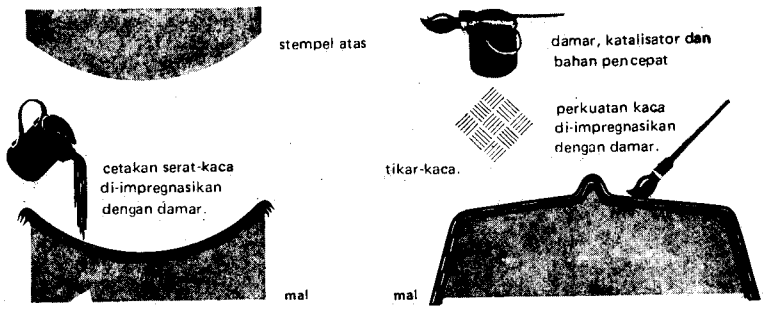
Jalur tekstil dan jalur kertas di-impregnasikan dengan suatu macam zat-cair dan sesudah itu jalur yang telah di-impregnasikan ini dikeringkan lalu dipotong menurut ukuran panjang yang ditetapkan.
Potongan yang diperoleh secara demikian diletakkan dalam mesin-kempa dengan pelat yang dipanaskan. Dalam mesin-kempa ini sejumlah potongan dikeraskan pada suhu dan tekanan tertentu. Setelah melalui waktu-kempaan yang ditetapkan, produk yang diperoleh secara demikian dapat dikeluarkan dari mesin-kempa.



Gambar 15.44

3. Pengolahan poli-ester (lihat gambar 15.45)

Ada berbagai macam cara untuk mengolah poli-ester itu.
Pembuatan cetakan dalam seri kecil dilakukan dengan sistim tangan ("hand-lay-up system") sebagai berikut:
Sebuah tikar kaca diletakkan di dalam atau di atas mal, perkuatan serat-kaca di-impregnasikan dengan damar dan kemudian seluruhnya dikeraskan tanpa peningkatan suhu atau tekanan.
Kepada damar ditambahkan katalisator dan bahan-pencepat untuk mengatur supaya pengerasan itu dapat berlangsung pada suhu-kamar dan tekanan atmosfir.



Gambar 15.45

Pembuatan cetakan secara massal dapat dilakukan dengan berbagai macam cara.

Pengerjaan termoplas dan termoharder

1. Pengerjaan sudip

Pengerjaan sudip dapat dilakukan terhadap hampir semua termoplas dan termoharder.
Akan tetapi harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut:
a. Termoplas dikerjakan dengan perkakas baja potong-cepat dan termoharder dikerjakan dengan perkakas logam keras.
Termoharder itu mempunyai daya besar untuk menumpulkan perkakas, terutama bila termoharder diberi bahan-pengisi.

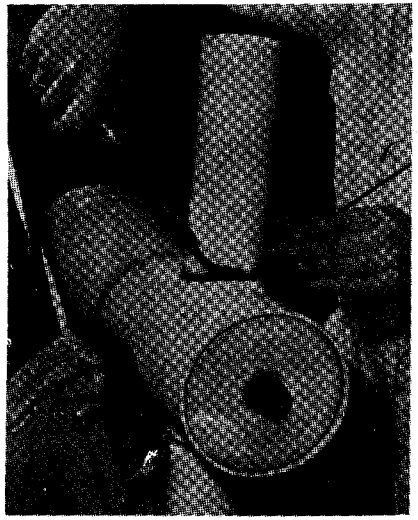
b. Perkakas harus diberi sudut-main yang besar dan pengerjaannya harus dilakukan dengan kecepatan tinggi, dengan pengasutan (=carve) yang kecil dan bila perlu didinginkan dengan udara di bawah tekanan.
Hal ini dilakukan demikian karena daya-tahan suhu plastik itu rendah sekali.

c. Bila mengerjakan termoharder, usahakanlah pengisapan debu dengan sempurna.

2. Pengerjaan tanpa menyudip

Pengerjaan tanpa menyudip hanya dapat dilakukan terhadap termoplas, karena termoplas dapat dibuat plastis dengan jalan pemanasan, sedangkan termoharder tidak mungkin menjadi plastis.
Pengerjaan tanpa menyudip yang paling penting ialah pengerjaan membengkok, pengerjaan sambungan lurus, mencetak dengan tiupan dan mencetak dengan vakum (=hampa-udara).

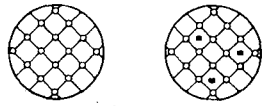
Pengerjaan tanpa menyudip yang lain yang penting ialah pengerjaan las (lihat gambar 15.46) dan merekat, yang dilakukan terhadap termoplas dan termoharder.


Gambar 15.46
Mengelas termoplas dengan pertolongan udara panas atau zat lemas

Persamaan antara logam dengan plastik

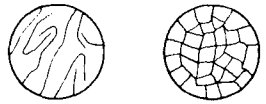
Struktur

Logam tersusun dari *atom,* yang menyusun diri dengan teratur menurut suatu kisi tertentu (lihat gambar 15.47).



Logam murni Logam yang dipadu

Gambar 15.47



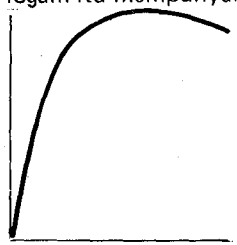
Termoplas Termoharder

Gambar 15.48

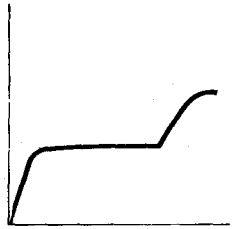
Plastik tersusun dari *molekul-makro,* yang bersenyawa satu sama lain atau yang tidak bersenyawa satu sama lain; susunan molekul ini tidak beraturan (lihat gambar 15.48).

Sifat mekanis

Bila terjadi deformasi, atom yang berada dalam suatu bidang kisi tertentu dari logam harus bergerak sepanjang atom yang berada dalam bidang-kisi yang terletak di sampingnya. Untuk itu diperlukan gaya yang besar sekali, karena besarnya gaya-tarik antar-atom (lihat gambar 15.49).
Jadi logam itu mempunyai sifat mekanik yang baik.



Gambar 15.49



Gambar 15.50

Bila terjadi deformasi dalam termoplas, molekul dalam termoplas mula-mula harus mengarah ke arah gaya dan kemudian harus bergerak sepanjang satu sama lain. Di sini tidak diperlukan gaya yang terlampau besar, karena gaya-tarik antar-atom juga lebih kecil (lihat gambar 15.50).
Molekul dalam termoharder, bila terjadi deformasi, hampir tidak dapat mengarah dalam arah gaya dan molekul-molekul itu hanya dapat bergerak sepanjang satu sama lain setelah kaitannya terputus, yang berlangsung cepat sekali.
Jadi plastik itu mempunyai sifat mekanis yang sedang.

Daya-tahan suhu tinggi

Atom dalam logam, bila ditambahkan kalor (=panas) harus bergerak dari kedudukan seimbangnya. Karena besarnya gaya-tarik yang terdapat antar-atom, diperlukan banyak tenaga atau kalor.
Jadi logam itu mempunyai titik-lumer yang tinggi, yaitu dari beberapa ratus derajat sampai ratusan derajat C.

Dengan penambahan kalor molekul dalam termoplas harus bergerak dari kedudukannya yang semula. Di sini tidak diperlukan tenaga atau kalor yang terlampau banyak, karena kurang besarnya gaya-tarik antar molekul.
Jadi termoplas itu mempunyai suhu-lumer yang lebih rendah dan karena itu mempunyai suhu pemakaian maksimum yang lebih rendah dari rata-rata 75° C, kecuali poli-tetrafluoreten dengan suhu pemakaian maksimum sebesar 260° C.
Molekul dalam termoharder hanya dapat bergerak dari kedudukannya yang semula, setelah ikatannya terputus, yang tidak begitu banyak memerlukan tenaga atau kalor.
Jadi termoharder tidak mempunyai suhu-lumer, akan tetapi mempunyai suhu pemakaian maksimum yang sedikit lebih tinggi dari rata-rata 125°C, kecuali beberapa macam termoharder dengan suhu pemakaian maksimum dari beberapa ratus °C.

Daya-tahan kimia

Suatu atom lain dapat menyusup dengan mudah antara atom-atom dari suatu macam logam dan dapat pula dengan mudah mereaksi dengan atom tersebut.
Jadi logam mempunyai daya-tahan kimia yang buruk.
Suatu logam lain dapat dengan mudah atau tidak dengan mudah menyusup antara molekul plastik akan tetapi tidak dapat mereaksi dengan mudah dengan atom dari molekul yang stabil.
Jadi plastik mempunyai daya-tahan kimia yang baik.

Daya-antar panas

Atom dari logam dapat meneruskan dengan mudah getaran panas.
Jadi logam itu mempunyai daya-antar panas yang baik.
Molekul plastik tidak mudah meneruskan getaran panas.
Jadi plastik mempunyai daya-antar panas yang buruk.

Daya-antar listrik

Atom dari logam dapat menyerahkan elektron dengan mudah.
Jadi logam mempunyai daya-antar listrik yang baik.

Atom dalam molekul plastik tidak mudah menyerahkan elektron.
Jadi plastik mempunyai daya-antar listrik yang buruk dan karena itu merupakan bahan-isolasi listrik yang baik.

Massa-jenis

Logam mempunyai massa-jenis dari yang rendah sampai yang tinggi, yaitu dari $(1{,}8 - 11{,}3) \cdot 10^3$ kg/m^3.
Plastik mempunyai massa-jenis yang rendah dari $(0{,}9 - 2{,}2) \cdot 10^3$ kg/m^3.
Dengan demikian dapat sedikit diimbangi sifat mekanisnya yang sedang.

Roman (=rupa)

Kebanyakan logam tidak mempunyai permukaan yang bagus.

Plastik pada umumnya mempunyai permukaan yang baik.
Plastik dapat diperoleh dalam segala macam warna dan ada juga yang bening (= transparan); tak ada kesukaran tentang lak yang terlepas atau tentang karat atau lekukan.

Keuntungan yang paling penting dari plastik, bila dibandingkan dengan logam ialah sebagai berikut:

1. **daya-tahan kimia yang baik; terutama yang menonjol poli-eten;**
2. **sifat isolasi listrik yang baik; dalam hal ini menonjol poli-eten dan poli-stiren;**
3. **massa-jenis rendah.**
4. **Rupanya bagus.**

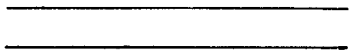
Keburukan yang terpenting dari plastik, bila dibandingkan dengan logam ialah:

1. **Sifat mekanis tiap voluma sedang;**
2. **daya-tahan suhu lebih rendah.**

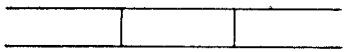
KARET

Tidak divulkanisasikan dan yang divulkanisasikan.

Karet yang tidak divulkanisasikan merupakan bahan yang plastis. Karet tersusun dari molekul yang panjang (lihat gambar 15.51). Dalam keadaan yang demikian rupa dapat diumpamakan sebagai termoplas.



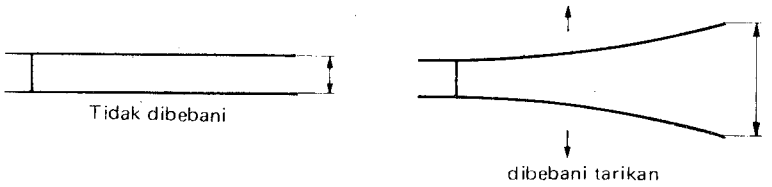
Gambar 15.51



Gambar 15.52

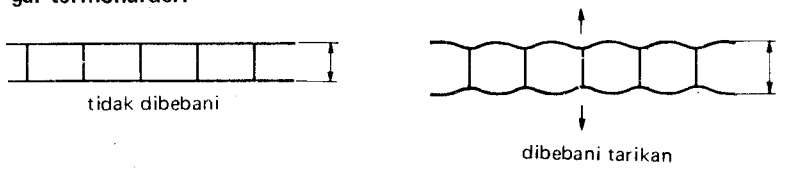
Dalam keadaan yang divulkanisasikan karet merupakan bahan yang elastis (=kenyal). Karena vulkanisasi itu, rangkai panjang terikat satu sama lain (lihat gambar 15.52).

Dengan menambah sedikit bahan vulkanisasi, antara rangkai panjang tidak begitu banyak terjadi persenyawaan dan kita memperoleh bahan yang sangat elastis (=kenyal) (lihat gambar 15.53). Bahan ini dinamakan karet lunak.



Gambar 15.53

Dengan menambahkan banyak bahan-vulkanisasi, antara rangkai yang panjang banyak pula terjadi persenyawaan dan kita memperoleh bahan yang kurang elastis (lihat gambar 15.54). Bahan ini dinamakan karet keras. Dalam keadaan yang demikian rupa, bahan ini dapat diumpamakan sebagai termoharder.



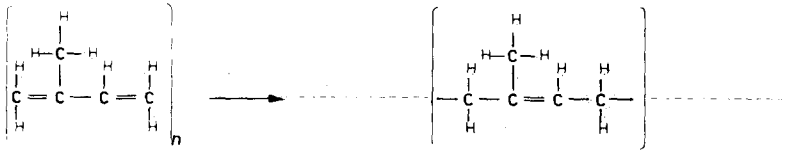
Gambar 15.54

Ruang yang berbentuk jala kerap-kali diisi dengan bahan-pengisi seperti umpamanya arang-para dan kapur.
Sifat mekanis dari karet tergantung dari kwantitas bahan vulkanisasi dan bahan pengisi, akan tetapi pada umumnya sifat mekanis itu sedikit sekali.

Akan tetapi karet mempunyai kofisen-gesek yang besar dan karena penambahan arang-para sebagai bahan-pengisi, karet itu memperoleh daya tahan-aus yang tinggi. Oleh sebab itu bahan ini sesuai sekali untuk pembuatan sabuk-mesin, sabuk-transpor dan ban angin.
Terutama karena sifat elastisnya, karet ini juga digunakan untuk bahan-paking (gambar 15.64), gelang-simmer (lihat gambar 15.65), selang (lihat gambar 15.66) dan sebagai bahan peredam getaran.

Karet-alam

Karet-alam dapat *dipikirkan* terjadi karena polimerisasi dari isopren (lihat gambar 15.55).

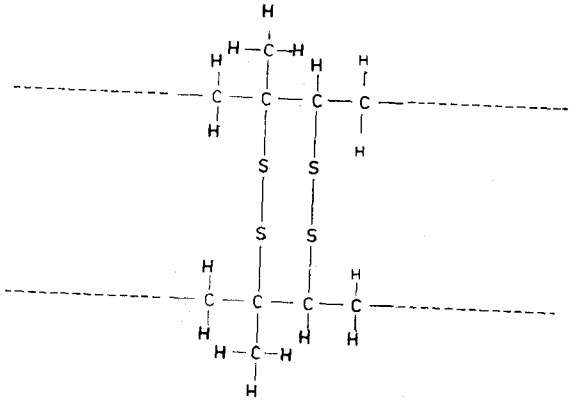


n molekul isopren — karet

Gambar 15.55

Karet-alam disadap dari pohon tropis Hevea brasiliensis. Pada pohon dibuat torehan dan dari torehan itu mengalir getah putih. Getah ini dinamakan lateks. Lateks terdiri dari bola-bola karet dan air. Kepada lateks ditambahkan suatu macam asam, sehingga bola-bola karet itu mengental menjadi satu atau koagulasi. Air dikeluarkan dengan jalan pemerasan antara canai. Kemudian karet diangkut ke pabrik berupa lembaran.
Dalam pabrik karet itu dicampur dengan bahan vulkanisasi dan bahan pengisi.
Vulkanisasi karet-alam biasanya dilakukan dengan belerang, dimana beberapa persenyawaan berganda dari molekul panjang harus "pecah" dan dapat terjadi persenyawaan-persenyawaan antara rangkai panjang (lihat gambar 15.56).

Dengan penambahan kira-kira 1,5% belerang, kita memperoleh karet lunak. Dengan penambahan kira-kira 30% belerang, kita memperoleh karet keras. Karet keras yang terkenal dinamakan ebonit.



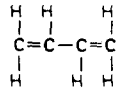
Karet yang divulkanisasikan

Gambar 15.56

Karet-alam pada umumnya kurang tahan zat-asam, ozon, minyak, bahan kimia tertentu dan suhu di atas 100° C.
Karet digunakan untuk berbagai macam keperluan umum.

Jenis karet sintetis

Jenis karet sintetis hampir seluruhnya diperoleh dengan jalan polimerisasi dari persenyawaan organik. Banyak jenis dibuat dari butadin (lihat gambar 15.57).



Gambar 15.57

Pelaksanaan vulkanisasi jenis karet sintetis biasanya dilakukan dengan belerang.

Jenis-karet sintetis yang terpenting untuk bangunan mesin ialah sebagai berikut:

Karet butadin-stiren

Sifat-sifatnya pada umumnya serupa dengan sifat karet-alam. Karet sintetis ini digunakan untuk berbagai macam keperluan umum guna mengganti-kan karet-alam.

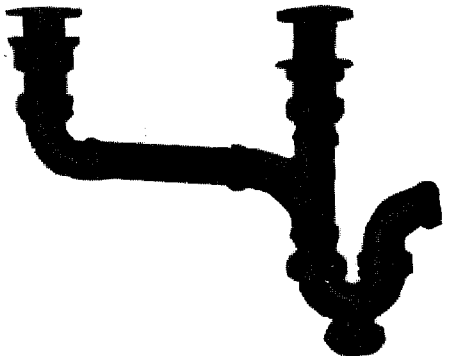
Karet poli-khlorbutádin atau poli-khloropren (neopren)

Lebih tahan zat-asam, ozon, minyak dan lebih tahan suhu di atas 100° C daripada karet-alam dan karet butadin-stiren.
Sesuai untuk keperluan teknik.

Karet butadin-akrilonitril (karet nitril)

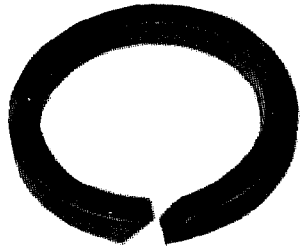
Lebih tahan minyak daripada neopren.
Sesuai untuk keperluan teknik khusus.

Produk plastik



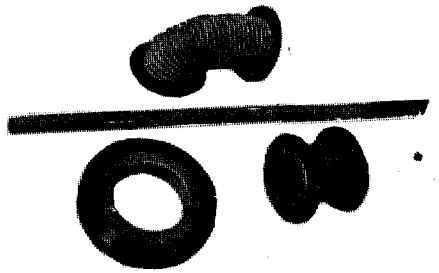
Gambar 15.58

Pipa poli-eten dan piting (=alat-bantu), hitam dan natural, untuk asam, alkali, air, air garam, susu dan banyak macam zat-cair yang lain.

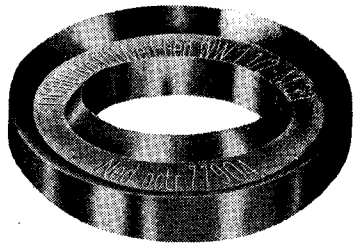


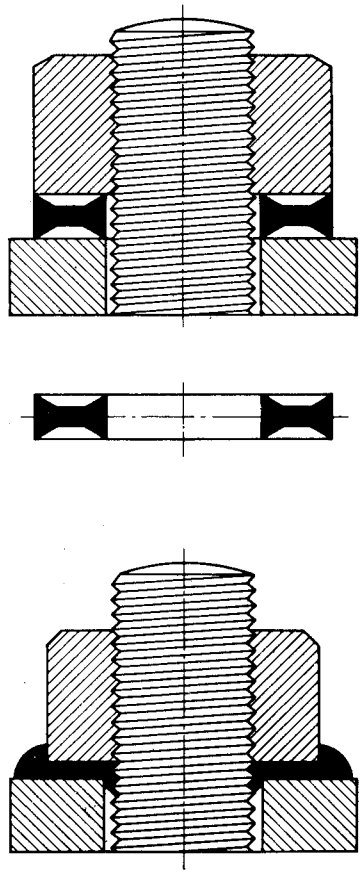
Gambar 15.59

Paking tabung poli-tetrafluor-eten (teflon)



Sambungan ekspansi poli-tetrafluor-eten (teflon)

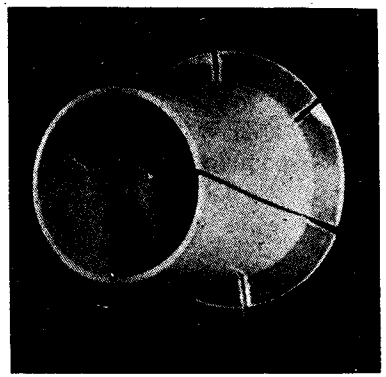


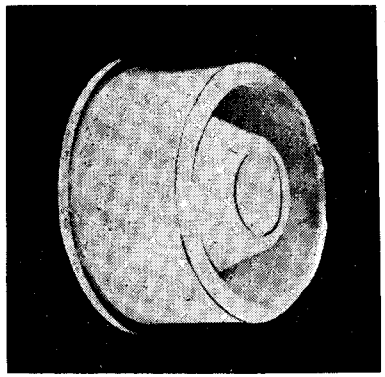


Gambar 15.60

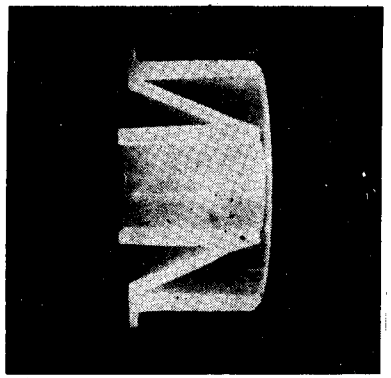
Gelang-penjamin "Dubo" terbuat dari nilon 6.

— Bantalan nilon, dipotong pada satu sisi untuk menjaga kemungkinan pemuaian bahan, karena pengambilan air dari udara.



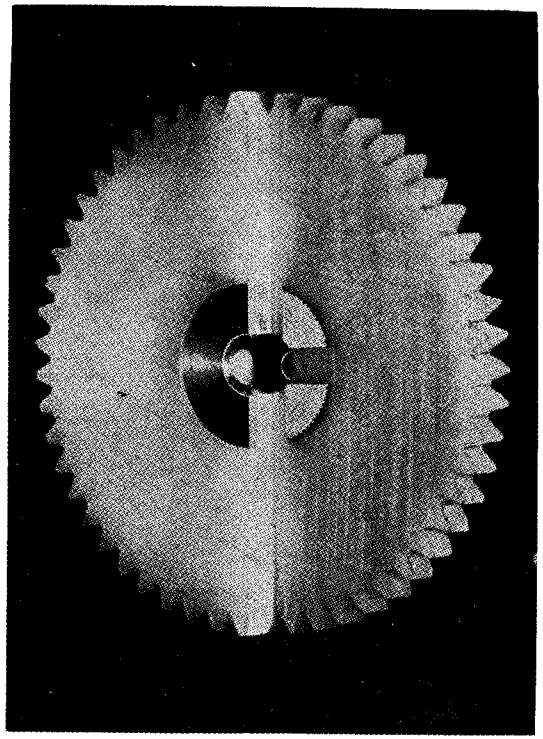


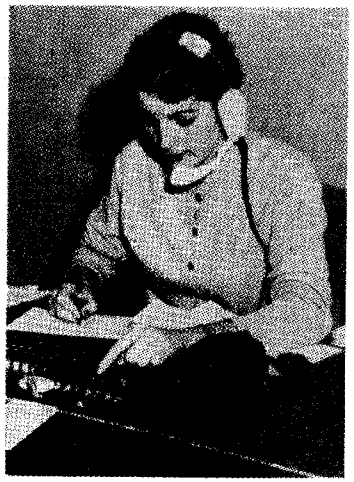
— Suatu konstruksi yang cerdik dari sebuah bantalan nilon, yang sedikit memperoleh daya-pegas, karena sistim penyambungan secara diagonal pada bagian sebelah dalam dan bagian sebelah luar bantalan.



Gambar 15.61: Bantalan-nilon

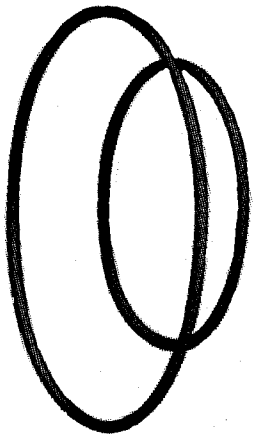
Gambar 15.62:
Pemasangan sebuah roda-gigi nilon pada nabe (=hub) baja dalam keadaan sebagian digergaji. Perhatikanlah empat buah lubang yang dibor dalam nabe yang diisi dengan nilen dan gerigi pada nabe.



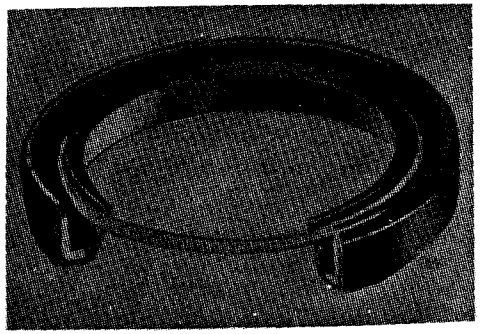


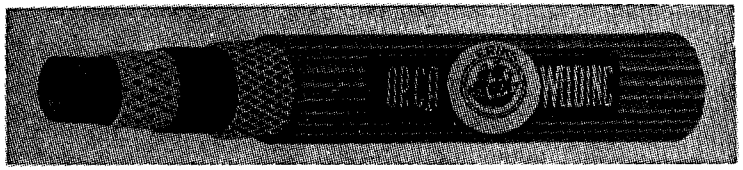
Gambar 15.63.
Garnitur bicara dan pendengar yang terbuat dari nilon.
Produk-karet.

Gambar 15.64.
Gelang-O (=gelang-paking); tersedia dalam banyak macam kwalitas karet sintetis (=buatan).



Gambar 15.65.
Gelang-Simmer; Seluruhnya dari karet dengan gelang-penguat dari baja dan pegas spiral pada bagian dalamnya.





Gambar 15.66: Slang zat-asam

IKHTISAR PLASTIK
(Menurut data dari Persatuan Ilmu Bahan)

kelompok	No.	Jenis	Pengenal: Ciri	Pengenal: Gejala nyala-api	Pengenal: Warna	massa-jenis x 10^{-3} kg/m^3	suhu pemakaian maks °C	Sifat-sifat	Penggunaan
termoplas	1	Poli-eten	rasa berlemak	bau parafin tajam (bau lilin)	— semua, — tidak bening	0,9	80	— lunak, banyak dapat dibengkokkan — daya-tahan kimia baik — sifat elektrik baik	— sahap penutup fleksibel dan sebagainya. — pipa untuk industri kimia dan saluran air. — isolasi listrik — barang rumah tangga, mainan anak.
	2	polivinil-khlorid (keras)		bau asam-garam tajam (bau khlor)	semua juga bening	1,5	70	keras, sedikit dapat dibengkokkan	— pipa untuk industri kimia dan saluran air. — pipa untuk antara listrik. — pelat untuk keran-tutup, pompa dan ventilasi dalam industri kimia.
		polivinil-khlorid (lunak)					50	lunak, dapat dibengkokkan sedang sampai banyak	— saluran, selang kebakaran dan sebagainya. — barang-barang rumah tangga.
	3	poli-tetra fluoreten (teflon)	rasa berlemak	jangan dipanaskan diatas 260° C (sangat)	Semua, tidak bening	2,2	260	— lunak, dapat dibengkokkan — kofisen-gerak rendah — daya tahan aus tinggi	— paking, sambungan ekspansi, pipa dsb. — bahan pengisi dalam bantalan-luncur.
	4	poli-stiren	bunyi seperti kaca	bau manis	semua juga bening	1,1	70	— keras, sedikit dapat dibengkokkan.	— kaca-lihat (-intip) dan sebagainya. — isolasi listrik. — barang-barang rumah-tangga dan mainan anak.
	5	poliamid	bunyi pekak	bau tak sedap seperti tanduk terbakar	semua, tidak bening	1,1	150	— agak keras, sangat kenyal, dapat dibengkokkan. — kofisen-gesek rendah — daya tahan-aus tinggi	— gelang penjamin "dubo" bantalan-luncur, sabuk penggerak, roda-gigi.
termohardér	6	fenol-formal dehid (bakelit, pertinaks, novotex)		hangus, bau fenol lemah	bening biasanya cokelat muda sampai cokelat tua	1,4	125	— keras, sedikit dapat dibengkokkan — daya tahan-aus besar	— bubungan, bantalan-luncur. — roda gigi — lemari aparat, rumah sakelar dsb-nya — barang rumah tangga
	7	poli-ester dengan penguatan serat-kaca	serat-kaca tampak pada satu sisi	hangus bau permen tajam	semua, juga bening	1,8	100	agak keras, dapat dibengkokkan	lemari aparat, karoseri mobil, tubuh kapal dan sebagainya.

IKHTISAR JENIS KARET
(Menurut data dari Persatuan Ilmu Bahan)

Kelompok	No.	Jenis	Sifat-sifat	Penggunaan
Karet alam	1	karet-alam	tidak tahan zat-asam, ozon, minyak, bahan kimia tertentu dan suhu di atas 100° C	Segala macam keperluan umum.
Jenis karet sintetis	2	Karet butadiinstiren	sama dengan di atas	Segala macam keperluan umum untuk menggantikan karet-alam
	3	Karet poli-khlorbutadiin atau polikh loropren (neopren)	lebih sempurna tahan zat-asam, ozon, minyak dan tahan suhu di atas 100° C daripada karet-alam dan karet-butadiin-stiren.	keperluan teknik
	4	Karet butadiin-akrilonitril (karet nitril)	lebih tahan minyak dari pada neopren	keperluan teknik khusus

sangat elastis sampai kurang elastis
Koffisen-gesek besar
daya tahan aus tinggi

16. BAHAN PAKING
(Menurut data dari Eriks, P.T., Alkmaar)

Umum

Bahan-paking ialah bahan yang dipergunakan untuk perapat ruangan yang berisi zat-cair atau gas.

Tentang bahan-paking tersebut dibedakan kelompok sebagai berikut:
1. Bahan-paking bukan metalik
2. Bahan-paking metalik tanggung
3. Bahan-paking metalik

Mengenai sifat perapatannya, dibedakan kelompok sebagai berikut:
1. Perapatan statis

Dengan ini dimaksud perapatan bagian yang tidak bergerak terhadap satu sama lain.

2. Perapatan dinamis.

Dengan ini dimaksud perapatan bagian-bagian yang bergerak terhadap satu sama lain.

Perapatan dinamis ini daapt dibedakan lagi dalam kelompok sebagai berikut:

a. Perapatan batang.
   Dengan ini dimaksud perapatan bagian-bagian yang bergerak bolak-balik terhadap satu sama lain.

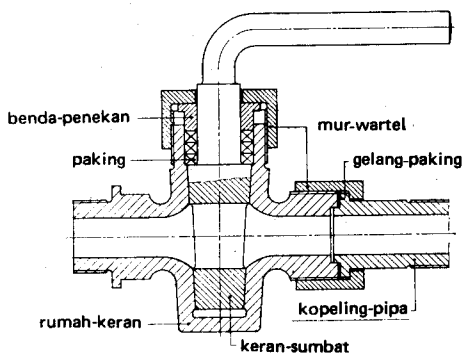
b.
   Dengan ini dimaksud perapatan bagian-bagian yang berputar terhadap satu sama lain.

Keran pada gambar 16.01 mempunyai dua macam sistim perapatan. Gelang-paking yang terdapat antara rumah-keran dan kopeling pipa merupakan perapatan statis dan paking di bawah benda-penekan merupakan paking dinamis.

Dari gambar ini ternyata bahwa pembuatan kedua jenis alat perapat ini berbeda satu sama lain.

Alat perapat yang berbentuk pelat dinamakan paking-pelat. Alat perapat dinamis dibuat dengan berbagai macam bentuk berupa gelang "O" dan manset, terutama untuk perapatan batang dan berupa

PERPUSTAKAAN WILAYAH DEP. P DAN K
Jl. Walikota Mustajab. 68
SURABAYA



Gambar 16.01

tali, paking bujursangkar, gelang dan sebagainya, untuk perapatan batang dan poros. Alat-perapat yang berbentuk serat, ikal, tali, paking bujursangkar, gelang dan sebagainya dinamakan paking sumbat-tabung.

Bagian statis ——— **pelat (paking-pelat), gelang**

Bagian dinamis — **bagian batang** — **gelang "O", manset**

bagian poros — **serat, ikal, tali, paking bujursangkar, gelang** — **(paking sumbat-tabung)**

Bahan-paking bukan metalik

Perapatan statis

Kertas dan karton

Kertas dan karton dibuat dari campuran serat, yang ditambah dengan perekat dan bahan pengisi. Sebagai serat digunakan serat-kayu (kikisan-kayu), serat kain tua, atau serat jerami, akan tetapi juga serat kertas tua.
Karton-jerami yang diperoleh dari serat-jerami kurang sesuai untuk digunakan sebagai bahan-paking.
Kertas dan karton digunakan sebagai paking pelat.

Fiber

Fiber terdiri dari lapisan-lapisan kertas, yang di-impregnasikan dengan damar buatan.
Fiber digunakan sebagai paking-pelat.

Gabus

Gabus, berasal dari kulit pohon gabus.
Gabus ini diikat berupa pelat dan digunakan sebagai paking-pelat.

Pelat-paking tekanan tinggi (klingerit, frenselit)

Pelat-paking tekanan tinggi terdiri dari asbes dan karet.
Bahan ini digunakan sebagai paking-pelat.

Alat perapat statis dan dinamis

Kulit

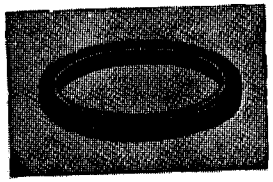
Kulit diperoleh dari kulit-hewan.
Untuk membuat kulit, kulit-hewan berturut-turut harus dibersihkan, disamak dan digemuki.
Untuk menyamak jenis kulit yang berat, kulit tersebut biasanya dipotong lima, yaitu dalam bagian leher, dua bagian perut dan dua krupon (=bagian punggung). Kulit yang berasal dari krupon (= bagian punggung) dinamakan kulit inti.
Untuk penggunaan teknik seperti umpamanya sabuk-mesin dan paking biasanya digunakan kulit-inti.
Menyamak ialah suatu proses pengawetan kulit, sehingga kemudian kulit tidak akan rusak lagi. Penyamakan dilakukan dengan bahan penyamak tumbuh-tumbuhan, bahan-penyamak sintetis atau bahan penyamak mineral. Kulit yang disamak dengan asam-khrom mineral dinamakan kulit-khrom.

Kulit, disamping dipakai dalam bentuk gelang sebagai paking-pelat, terutama digunakan dalam bentuk manset sebagai paking perapat untuk batang. Sesuai dengan bentuknya, manset itu terbagi atas manset huruf – U, manset-topi dan manset-cawan (lihat gambar 16.02). Yang sangat penting ialah memasang manset dengan tepat (lihat gambar 16.03).

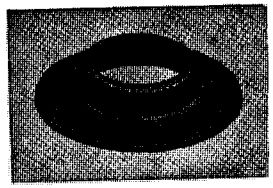
Karet

Karet-alam dan jenis karet sintetis, karena kekenyalannya yang besar, masih termasuk bahan paking yang terbaik. Akan tetapi bahan ini hanya se-

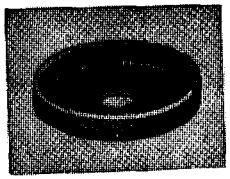
Gambar 16.02



Manset – U

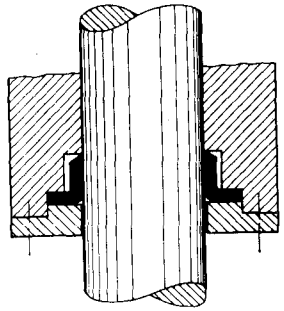


Manset – topi



Manset – cawan

Gambar 16.03



Manset – topi yang telah dipasang

suai untuk media tertentu, yaitu pada suhu, tekanan dan kecepatan yang tidak terlampau tinggi.
Karet dipakai sebagai paking pelat dan sebagai paking untuk perapat batang. Paking pelat ada yang diberi lapisan dalam dari lenan dan ada yang dibuat tanpa lapisan dalam itu.
Paking untuk perapat batang, disamping dibuat berbentuk gelang-"O", terutama dibuat berupa manset (lihat gambar 16.02 dan gambar 16.03).

Asbes

Asbes adalah silikat-maknesium yang diketemukan dalam alam berbentuk

serat. Dalam bentuk ini daya-tahan suhunya kira-kira 500° C. Akan tetapi asbes biasanya diberi campuran karet dan grafit.
Asbes digunakan sebagai paking-pelat dan paking sumbat-tabung. Paking sumbat asbes disediakan dalam berbagai macam bentuk. Pada gambar 16.04 diperlihatkan paking-serat, paking-tali dan paking-bujursangkar.

Poli-tetrafluoreten

Poli-tetrafluoreten atau poli-tetrafluor etilen itu ialah plastik termoplastis. Dalam keadaan murni daya tahan-kimianya baik dan daya tahan suhunya kira-kira 260° C. Akan tetapi bahan ini sering juga ditambahkan kepada asbes sebagai bahan impregnasi.
Poli-tetrafluoreten digunakan sebagai paking-pelat dan paking sumbat-tabung dan tersedia dalam berbagai macam bentuk.

Alat perapat dinamis

Henap (=hemp), *katun, rami.*

Bahan ini berasal dari tumbuh-tumbuhan.
Benang henap, katun dan rami di-impregnasikan dengan bahan pelumas yang dipilih secara khusus dan dijalin menjadi paking bujursangkar untuk digunakan sebagai paking sumbat-tabung.

Bahan-paking metalik tanggung (= setengah metalik).

Dari demikian banyaknya kelompok bahan-paking metalik-tanggung kita pilih hanya sebagai berikut:

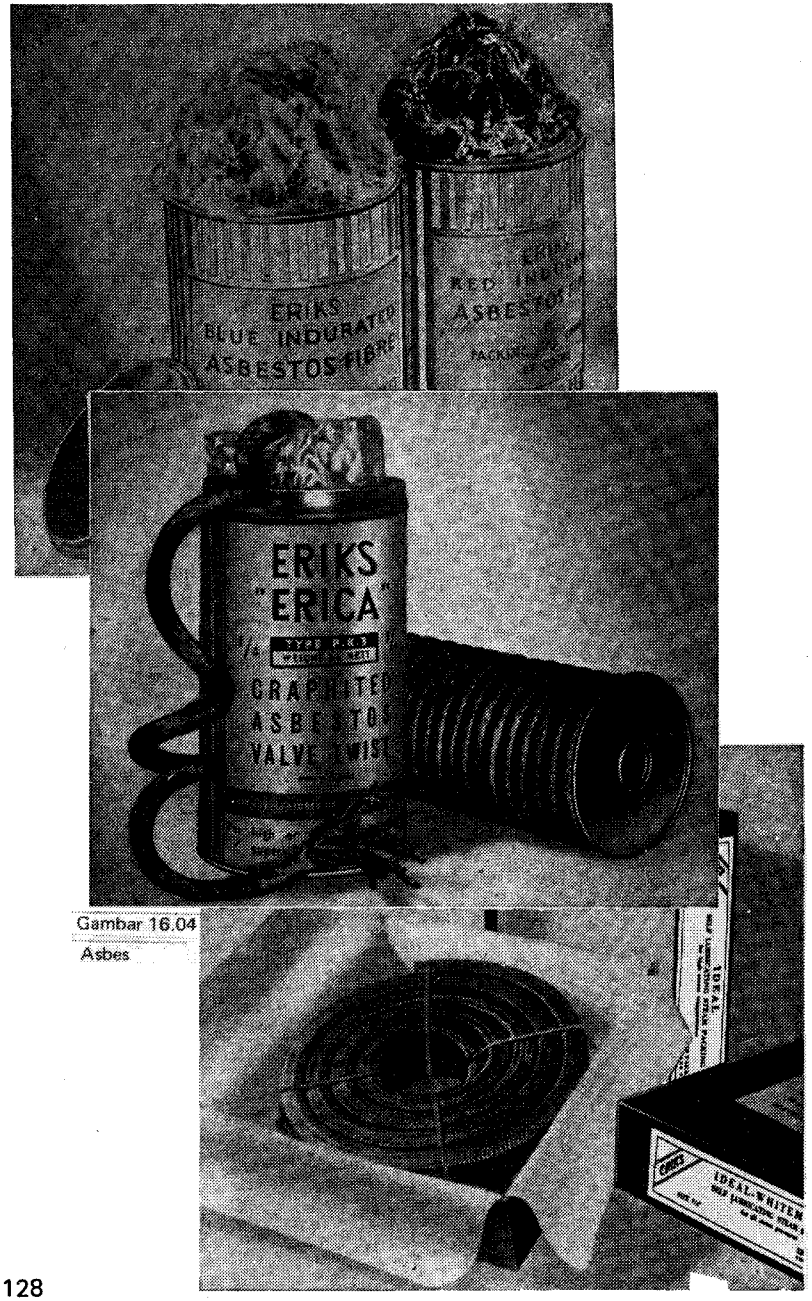
Perapatan statis

Karet dengan kasa tembaga

Karet diberi lapisan-dalam dari kasa-tembaga dan tersedia dalam bentuk pelat.

Asbes dengan kasa-tembaga

Paking ini terdiri dari kain-asbes yang ditenun dengan tembaga. Keseluruhannya di-impregnasikan dengan suatu massa tahan panas dan kemudian diberi grafit pada salah satu sisi atau kedua belah sisinya.

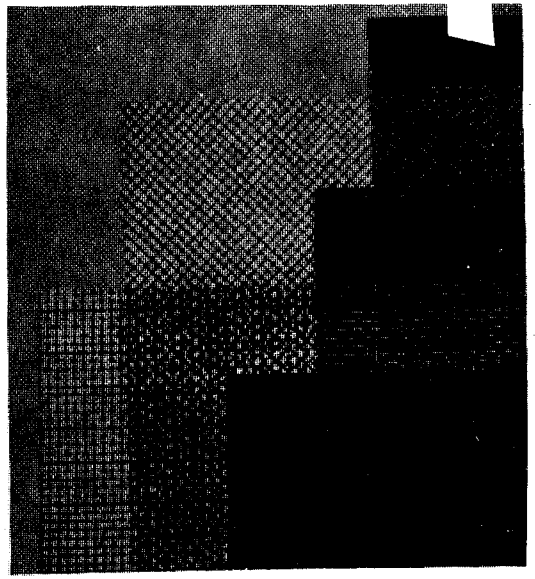


Gambar 16.04
Asbes

Paking ini tersedia dalam bentuk pelat atau dalam bentuk barang-jadi (umpamanya gelang lubang-orang).

Asbes dengan kasa-baja

Pada kedua belah sisi kasa-baja yang ditenun rapat dan kuat ditempelkan dengan tekanan tinggi suatu lapisan tipis asbes.
Bahan ini dapat diperoleh dalam bentuk pelat (lihat gambar 16.05).



Gambar 16.05
Pelat-asbes dengan lapisan
alam kasa-baja

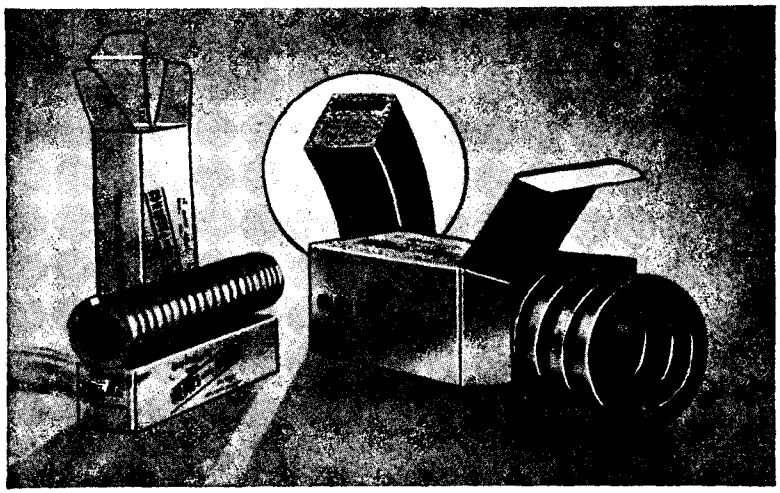
Asbes dengan salut tembaga yang tipis

Asbes diberi suatu lapisan-tipis salut tembaga dan dapat diperoleh sebagai barang-jadi (umpamanya gelang dan paking-kepala).

Alat perapat dinamis

Asbes dengan tembaga

Sebagai dasar dari paking ini digunakan benang-asbes dan kain-asbes. Tiap benang-asbes diberi inti tembaga; kain asbes ditenun dengan tembaga. Paking tersebut masing-masing dijalin dan dikempa menjadi paking bujursangkar dan digunakan sebagai paking sumbat-tabung.
Paking dari kain asbes pakai tembaga biasanya diberi punggung karet (lihat gambar, 16.06).

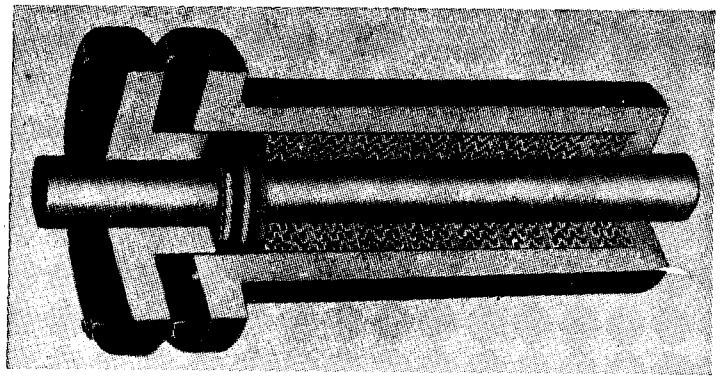


Gambar 16.06

Paking bujursangkar dari kain-asbes pakai tembaga dan punggung karet .

Asbes dengan jalur-nikel, jalur timbel atau jalur tembaga yang berombak.

Paking ini tersusun dari jalur-nikel, jalur-timbel atau jalur-tembaga yang berombak dan diantaranya diletakkan lapisan-lapisan tipis dari asbes. Paking ini dipakai sebagai paking sumbat-tabung dalam bentuk gelang (lihat gambar 16.07). Gelang paking itu dapat dibentuk dengan sempurna dan menutup rapat tabung secara merata.

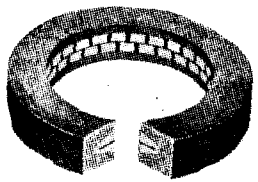


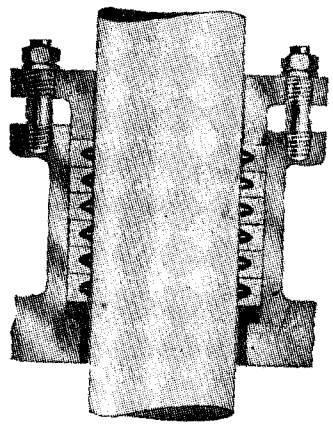
Gambar 16.07

Gelang-asbes dengan jalur-nikel atau jalur-timbel atau jalur-tembaga berombak.

Asbes dengan logam-putih

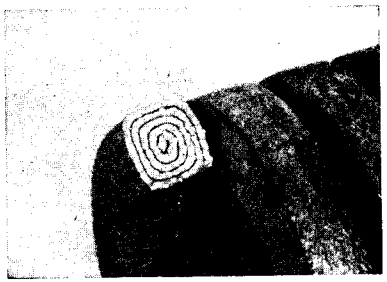
Paking dari asbes dan logam-putih sebagai sumbat-tabung dapat diperoleh dalam berbagai macam pelaksanaan. Gambar 16.08 memperlihatkan suatu jalur berbentuk-V dari logam putih yang dapat dibengkokkan dan yang berada dalam gulungan kain asbes. Lubang dalam jalur bekerja sebagai tempat penyimpan minyak. Dengan cara yang demikian rupa itu batang-torak tidak mungkin rusak atau aus. Gambar 16.09 memperlihatkan sebuah pa-



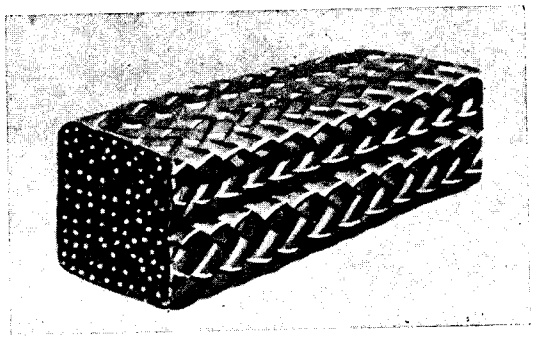


Gambar 16.08

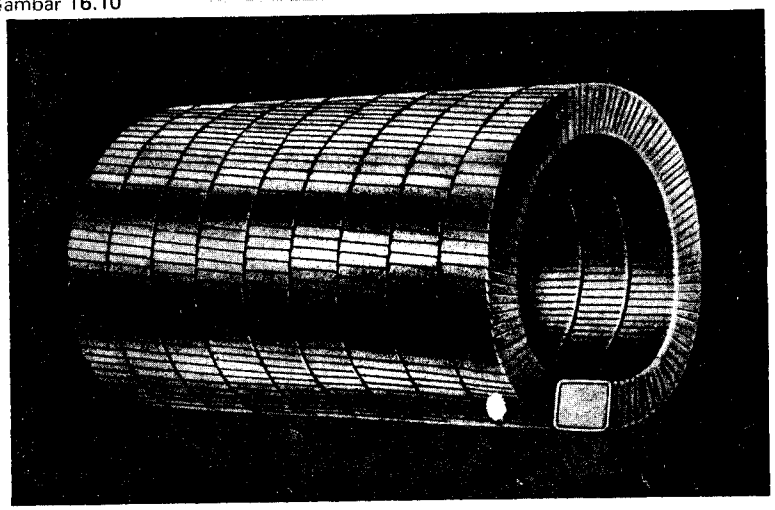
king dari kain asbes yang digulung dan ditenun pakai kawat logam-putih; gambar 16.10 suatu paking-asbes, yang seluruhnya ditenun pakai kawat logam-putih; gambar 16.11 suatu paking dari fuli logam putih, yang dilipat atau digulung sekeliling inti asbes yang diberi gemuk.



Gambar 16.09



Gambar 16.10



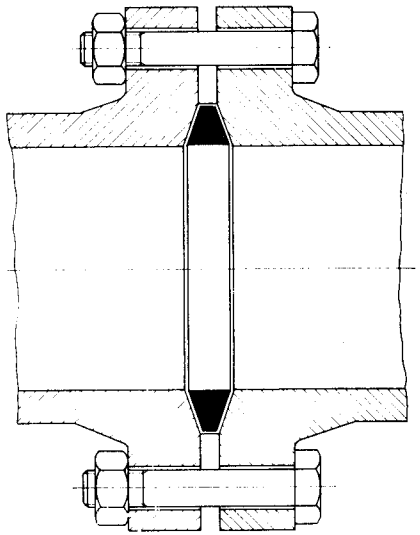
 Gambar 16.11

Bahan paking metalik

Alat perapat statis

Baja. Tembaga dan loyang. Timbel. Aluminium. Nikel.

Bahan ini terutama digunakan dalam bentuk gelang (lihat gambar 16.12). Gelang ini dapat diperoleh dalam penampang persegi panjang, bulat, bujur-telur, bentuk lensa atau bentuk lain yang diinginkan.



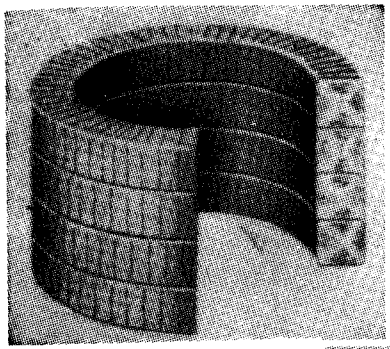
Gambar 16.12

Alat perapat dinamis

Logam-putih

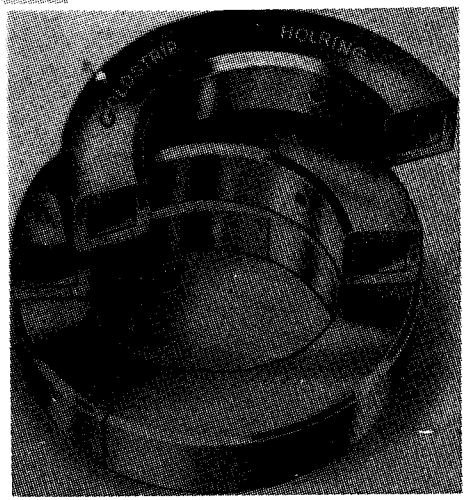
Logam-putih digunakan sebagai paking sumbat-tabung dalam berbagai macam bentuk. Pada gambar 16.13 dilukiskan ikal logam-putih (tembakau-sugi); pada gambar 16.14 diperlihatkan paking gelang, yang tersusun dari fuli logam putih yang diberi gemuk; pada gambar 16.15 ditunjukkan gelang logam-putih yang berlubang yang terdiri dari dua bagian, yang dapat diisi dengan semir grafit.

Gambar 16.13



Logam putih

Gambar 16.14



Gambar 16.15

Pilihan bahan

Pilihan bahan untuk paking tergantung dari keadaan perusahaan sebagai berikut:

1. **medium (=lingkungan);**
2. **suhu;**
3. **tekanan;**
4. **kecepatan, pada perapatan dinamis;**
5. **jenis konstruksi;**

Sebagai medium dapat dicatat air, uap, udara dan gas lain, minyak, asam dan alkali, lindi, garam dan sebagainya.

Tentu saja kita semua dapat memahami, bahwa medium itu sangat besar jumlahnya. Oleh sebab itu dalam pelajaran ini tidak mungkin untuk mencantumkan bahan-paking yang tepat untuk tiap medium pada tiap suhu, tekanan, kecepatan dan jenis konstruksi.

Untuk memperoleh sekedar pandangan dalam pilihan bahan-paking itu periksalah ikhtisar tentang bahan paking sebagai berikut.

IKHTISAR BAHAN PAKING
(Menurut data dari Eriks, P.T., Alkmaar)

kelompok	No.	Jenis	penggunaan								
			Perapatan statis	Perapatan dinamis	air	uap	udara dan gas lain	minyak	asam	alkali, lindi garam, d.l.l.
bukan metalik	1.	kertas dan karton	○		+			+		
	2.	fiber	○		+			+		
	3.	gabus	○		+			+		
	4.	pelat-paking tekanan tinggi (klingerit, frenselit)	○		+	+	+	+	+	+
	5.	kulit	○	○	+		+	+	+	+
	6.	karet	○	○	+		+	+	+	+
	7.	asbes	○	○	+	+	+	+	+	+
	8.	poli-tetrafluoreten (teflon)	○	○					+	+
	9.	henap, katun, rami		○	+		+	+		
metalik tanggung	1.	karet dengan kasa tembaga	○		+					
	2.	asbes dengan kasa tembaga	○			+	+			
	3.	asbes dengan kasa baja	○			+		+		
	4.	asbes dengan salut-tembaga tipis	○		+	+	+			
	5.	asbes dengan tembaga		○		+	+	+		
	6.	asbes dengan jalur timbel, tembaga atau nikel berombak.		○	+	+	+	+	+	+
	7.	asbes dengan logam putih.		○	+	+	+	+	+	+
metalik	1.	baja	○			+				
	2.	tembaga dan loyang	○		+	+	+	+		
	3.	timbel	○		+	+	+	+	+	+
	4.	aluminium	○		+	+	+	+		
	5.	nikel	○		+	+	+	+	+	+
	6.	logam putih		○	+	+	+	+	+	+

17. BAHAN-ISOLASI

Bahan isolasi ialah bahan yang menyekat, artinya yang tidak mengantar.
Kita membedakan bahan isolasi sebagai berikut:

1. Bahan-isolasi listrik
2. Bahan-isolasi suara
3. Bahan-isolasi getaran
4. Bahan-isolasi panas

Bahan penyekat (=isolasi) listrik

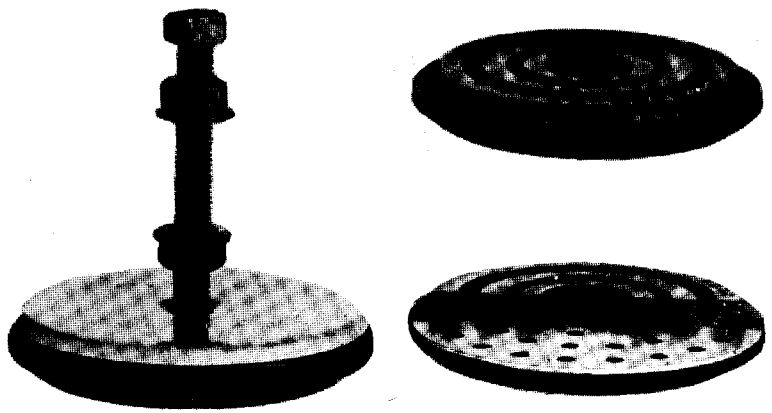
Bahan penyekat listrik harus tahan terhadap tegangan listrik dan tidak boleh mengantar listrik, walaupun bagaimana lembabnya udara dan buruknya keadaan suhu.
Bahan penyekat listrik yang terpenting ialah sebagai berikut:
Produk alam: *mika* (kolektor) dan *asbes* (oven listrik).
Bahan keramik: *porselin* dan *steatit* (isolator) dan *kaca* (lampu dan pipa).
Zat-cair: *minyak-isolasi* (transformator dan kabel) dan *lak-isolasi* (kawat).
Lapisan tekstil dan kertas yang di-impregnasikan: *prespan* (isolasi-alur), *kertas-isolasi* (kondensator) dan *tekstil isolasi* (kumparan).
Produk organik sintetis: *poli-eten, poli-vinilkhlorid, poli-stiren* dan *karet* (kawat dan kabel) dan fenolformaldehid (bahan penghubung).

Bahan penyekat suara

Bahan penyekat suara harus sesedikit mungkin dapat ditembus suara.
Bahan ini sangat penting dalam konstruksi bangunan.
Zat penyekat suara yang paling baik ialah *udara diam.* Sifat ini digunakan pada konstruksi dinding berganda, yaitu dinding yang terdiri dari dua lapisan atau lebih yang satu sama lain terpisah sama sekali.
Bahan penyekat suara yang lain ialah: *pelat serat kayu, pelat-kempaan lunak* (=softboard plate) dan *pelat-jerami.*
Dalam bangunan mesin, *besi-tuang kelabu* banyak sedikitnya merupakan bahan penyekat suara, akan tetapi sifat besi-tuang itu tidak digunakan secara demikian.

Bahan penyekat getaran

Bahan penyekat getaran harus dapat meredam getaran.
Bahan ini sangat penting dalam konstruksi bangunan mesin.
Bahan penyekat getaran yang terpenting ialah *kulit* dan *karet.*
Penggunaan yang terkenal ialah kopeling elastis (=kenyal) dengan piringan-antara dari kulit atau dari karet, kopeling elastis dengan gelang kulit atau gelang karet dan kopeling elastis dari Rademakers dan Periflex.
Penggunaan yang lain ialah alat peredam getaran, yang dibutuhkan untuk pemasangan pesawat perkakas secara elastis (lihat gambar 17.01).
Alat peredam getaran ini terdiri dari sebuah elemen karet dan sebuah piringan penutup dari baja. Elemen karet dibuat dalam bentuk gelang dan terdiri dari dua bagian dan diantaranya divulkanisasikan sebuah pelat berlubang. Piringan penutup dari baja itu diberi lubang rumpangan di mana ujung uliran baut didudukkan di dalamnya. Pesawat perkakas dapat disetel sampai menyipat datar, dengan jalan memutar mur yang berada di bawah dan di atas kaki pesawat.



Besi-tuang kelabu adalah bahan yang banyak sedikitnya dapat menyekat getaran, akan tetapi sifat ini dalam praktek tidak digunakan secara demikian rupa.

Bahan penyekat panas

Bahan penyekat panas hampir tidak boleh mengantar panas.
Bahan ini penting artinya dalam konstruksi bangunan dan konstruksi bangunan mesin.

Bahan penyekat panas harus memenuhi syarat-syarat sebagai berikut:

1. Kofisen-antar panas harus rendah.
Panas (=kalor) selalu berpindah dari titik dengan suhu yang lebih tinggi ke titik dengan suhu yang lebih rendah. Keadaan ini dinamakan pengantaran panas.
Pengantaran panas terjadi dalam semua zat, akan tetapi nilai-antar dari tiap zat itu berbeda-beda. Nilai-antar itu diucapkan dalam kofisen daya-antar panas (=kalor).
Kofisen daya-antar panas ialah banyaknya joule yang dapat diantar dalam satu detik melalui dinding yang tebalnya 1 m, pada tiap m^2 dan tiap ^{0} C perbedaan suhu. Kofisen ini ditunjukkan dengan λ dan diucapkan dalam J/det. ^{0} C m.
Tentu sudah dapat dipahami, bahwa untuk bahan penyekat panas, dipilih bahan dengan kofisen daya-antar panas yang rendah.
Ukuran tebal yang ditetapkan dari bahan penyekat panas dapat dijabar dari rumus untuk aliran-panas.

$$\phi = \frac{\lambda . A . s_b}{\delta} \Rightarrow \delta = \frac{\lambda . A . s_b}{\phi}$$

ϕ = aliran-panas (J/det.), λ = kofisen daya-antar panas (J/det. ^{0}C m).
A = luas (m^2), s_b = beda-suhu (^{0}C), δ = tebalnya dinding (m).

2. Daya tahan-lembab (=air) yang baik.
Jikalau bahan-isolasi mengambil air dari sekitarnya, kofisen daya-antar panas dari bahan ini akan jauh lebih tingggi.
Dalam bangunan mesin biasanya di sekeliling isolasi diberi lapisan penutup untuk mencegah pengambilan air itu. Lapisan penutup itu sekali gus melindungi isolasi dari perusakan oleh tangga dan sebagainya.

3. Daya tahan suhu yang tinggi.
Jikalau harus disekat suatu medium dengan suhu yang tinggi, maka bahan-isolasinya harus juga mempunyai daya tahan terhadap suhu yang tinggi itu.

4. Massa-jenis yang rendah.
Karena bahan-isolasi itu, massa dari konstruksi bertambah besar, terutama pada bangunan mesin. Sangat penting artinya untuk menjaga supaya penambahan massa tersebut berada serendah mungkin.

Bahan penyekat panas untuk konstruksi bangunan.

Udara-diam merupakan zat penyekat panas yang sangat baik.
Udara-diam tersebut mempunyai kofisen daya-antar panas yang paling rendah, yaitu 0,02 J/det. $^\circ$ C m. Konstruksi dinding berlapis, dimana udara-diam terdapat antara dua lapisan dinding atau lebih, disamping merupakan isolasi suara yang baik, juga bekerja sebagai isolasi-panas yang sempurna.
Bahan penyekat panas yang lain ialah: *kayu, pelat serat-kayu, pelat-gabus, pelat damar buatan, pelat beton batu-apung* (=pumice concrete), *pelat semen-asbes* dan *kertas yang dipreparasikan.*

Bahan penyekat panas untuk konstruksi bangunan mesin.

Disamping ketel-uap, tangki penyimpan uap dan sebagainya, dalam bangunan mesin terutama disekat berbagai macam saluran. Pada saluran uap tujuannya untuk menyekat panas, pada saluran air untuk menghindari kondensasi pada saluran yang sangat mengganggu itu.
Sayang sekali penggunaan udara-diam sebagai zat penyekat panas tidak mungkin dilakukan terhadap saluran. Untuk saluran dapat dipilih bahan-penyekat panas yang mengandung udara-diam, karena struktur serat atau karena sifat berporinya.
Cara kerja penyekatan panas dari bahan-bahan yang tersebut di bawah ini, kecuali tembaga dan aluminium, berdasarkan kepada prinsip ini.

Tembaga dan aluminium

Cara-kerja penyekatan panas dari tembaga dan aluminium berdasarkan ke-

pada pantulan panas (=kalor) yang besar dari kedua bahan ini. Ini berarti bahwa bahan itu dapat memantulkan panas kembali dengan sempurna. Tembaga dan aluminium sesuai untuk isolasi pancaran panas oleh motor-bensin dan motor-diesel.

Wol-terak dan wol-kaca

Di samping gas dan besi-kasar cair, dari dapurtinggi diperoleh terak dalam keadaan cair. Terak cair itu dapat dikabutkan dengan pancaran uap menjadi massa berpori seperti wol. Dan terak ini dinamakan wol terak.
Menurut cara yang serupa, kaca cair dapat dikabutkan menjadi wol-kaca.
Wol-terak dan wol-kaca mempunyai kofisen daya-antar panas sebesar 0,06 J/det. $^{\circ}$ C m dan tahan suhu sampai 500° C.
Wol ini tidak tahan getaran, karena seratnya akan putus dan karena itu kofisen daya-antar panas meningkat.
Untuk menjaga jangan sampai melesak, jenis wol ini dipasang di atas kasa-logam dan digabung serta dilindungi oleh sebuah mantel pelat baja. Wol itu dapat juga dikerjakan menjadi tikar, pelat dan cetakan.

Maknesia

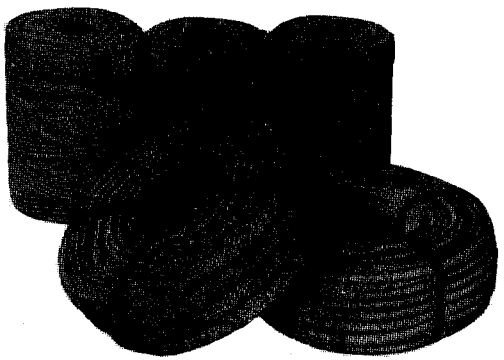
Maknesia diperoleh dengan jalan kimia dari maknesit ($MgCO_3$).
Maknesia mempunyai kofisen daya-antar panas sebesar 0,07 J/det. $^{\circ}$ C m.
Maknesia tahan suhu sampai 500° C dan massa-jenisnya rendah.
Untuk menambah kekuatannya, maknesia itu biasanya dicampur dengan serat-asbes atau diolah menjadi pelat dan cetakan.

Tanah-kersik

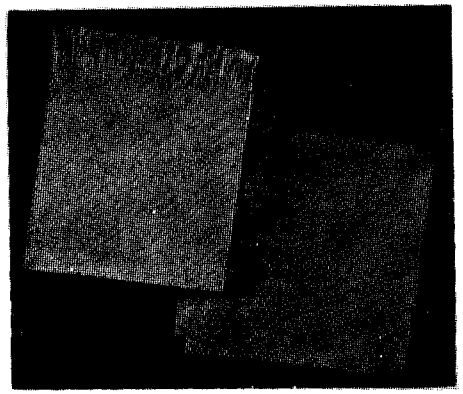
Tanah-kersik ialah bahan-galian fosil, yang terdiri dari kulit-kersik binatang laut yang kecil-kecil.
Tanah-kersik mempunyai kofisen daya-antar panas sebesar 0,07 J/det. ^{0}C m dan tahan suhu sampai 500^{0}C.
Tanah-kersik itu dicampur dengan serat-asbes atau diolah menjadi pelat dan cetakan.

Asbes

Asbes adalah zat mineral (lihat bab 16).
Asbes mempunyai kofisen daya-antar panas sebesar 0,12 J/det. $^{\circ}$ C m. Asbes sama sekali tak dapat terbakar dan tahan suhu sampai 700 $^{\circ}$ C.
Asbes dapat ditenun menjadi tali, pita, kaos dan kain (lihat gambar 17.02 dan gambar 17.03) dan dapat juga dikempa menjadi pelat dan cetakan.



Gambar 17.02
Tali-asbes, pita-asbes dan kaos-asbes.



Gambar 17.03
Kain-asbes.

IKHTISAR BAHAN ISOLASI

kelompok		No.	Jenis	Sifat-sifat		Penggunaan
				kofisen daya-antar panas J/det. °C m	suhu maksimum °C	
menyekat listrik		1.	mika			kolektor
		2.	asbes			oven elektrik (listrik)
		3.	porselin			isolator
		4.	steatit			isolator
		5.	kaca			lampu dan pipa
		6.	minyak isolasi			transformater dan kabel
		7.	lak isolasi			kawat
		8.	prespan			isolasi-alur
		9.	kertas isolasi			kondensator
		10.	tekstil isolasi			kumparan
		11.	poli-eten			kawat dan kabel
		12.	poli-vinilkhlorid			kawat dan kabel
		13.	poli-stiren			kawat dan kabel
		14.	karet			kawat dan kabel
		15.	fenolformaldehid			bahan penghubung
menyekat suara		1.	udara-diam			konstruksi dinding berganda
		2.	pelat serat-kayu			dinding dan plafon
		3.	pelat kempaan lunak			dinding dan plafon
		4.	pelat jerami			dinding dan plafon
menyekat getaran		1.	kulit			kopeling elastis
		2.	karet			kopeling elastis, peredam getaran
menyekat panas	konstruksi bangunan	1.	udara-diam	0.02	—	konstruksi dinding berganda
		2.	kayu	0.20	—	lantai dan dinding
		3.	pelat serat-kayu	0.08	—	dinding, plafon dan atap
		4.	pelat gabus	0.05	—	dinding dan sel pendingin
		5.	pelat damar buatan	—	—	pelapis dinding
		6.	pelat beton batu-apung (pumice concrete)	0.31	—	atap
		7.	pelat semen-asbes	0.35	—	dinding dan atap
		8.	kertas dipreparasi	—	—	dinding dan atap
	konstruksi bangunan mesin	1.	tembaga dan aluminium	—	—	motor bensin dan motor diesel
		2.	wol-terak dan wol-kaca	0.06	500	ketel-uap, tangki penyimpan dan saluran.
		3.	maknesia	0.07	500	ketel-uap, tangki penyimpan dan saluran.
		4.	tanah kersik	0.07	500	ketel-uap, tangki penyimpan dan saluran.
		5.	asbes	0.12	700	ketel-uap, tangki penyimpan dan saluran.

BUKU PERTANYAAN
ILMU BAHAN LOGAM
JILID II

10. DIPADU

LENGKUNGAN PENDINGIN

10.01. Apakah lengkungan pendingin itu?
10.02. Bagaimana cara memperoleh lengkungan pendingin?
10.03. Apa yang dimaksud dengan fasa dari sesuatu zat?
10.04. Apa yang dimaksud dengan titik-berhenti?
10.05. Apa bedanya antara titik-beku dan trayek-pembekuan?
10.06. Pada trayek-pembekuan dalam lengkungan pendingin terdapat sepotong garis horisontal. Mengapa di sini tidak terdapat juga titik-berhenti?
10.07. Apa yang dimaksud dengan susunan eutektis?
10.08. Keuntungan apa yang terdapat pada paduan dengan susunan eutektis?
10.09. Lukiskanlah lengkungan pendingin dari 100% garam

LENGKUNGAN PENDINGIN DAN DIAGRAM PEMBEKUAN

10.10. Apakah diagram pembekuan itu?
10.11. Perlihatkanlah dengan sebuah gambar, bagaimana caranya membuat konstruksi diagram pembekuan.
10.12. Apa yang dimaksud dengan garis zat-cair?
10.13. Apa yang yang dimaksud dengan garis zat-padat?
10.14. Apa yang dimaksud dengan eutektikum?
10.15. Apa yang dimaksud dengan campuran eutektikum?
10.16. Sebutkanlah gejala yang terjadi pada pendinginan larutan 10% garam dalam air.
10.17. Sama, tentang larutan 15% garam dalam air.
10.18. Sama, tentang larutan 20% garam dalam air.
10.19. Mana di antara larutan garam yang disebutkan dalam soal 10.16, 10.17 dan 10.18 yang: a) tidak mempunyai titik-berhenti, b) mempunyai kwantitas campuran eutektis yang terkecil, c) mempunyai kwantitas campuran eutektis yang terbesar?

DIAGRAM – DASAR

10.20. Apa yang dimaksud dengan diagram-dasar?
10.21. Sesuai dengan gambar 10.06, sebutkanlah selengkap mungkin gejala yang terjadi pada pendinginan suatu larutan dari 40% A.
10.22. Sama, tentang larutan dari 10% A.

10.23. Sama, tentang larutan dari 0% A.

10.24. Sesuai dengan gambar 10.06, hitunglah kadar campuran eutektis setelah pendinginan dari suatu larutan dengan:
a) 10% B, b) 30% B, c) 50% B, d) 60% B, e) 100% B.

10.25. Gambarkanlah dengan pertolongan gambar 10.06 lengkungan pendingin dari larutan yang tercantum dalam pertanyaan 10.24.

10.26. Sebutkanlah dengan pertolongan gambar 10.07 selengkap mungkin gejala yang terjadi pada pendinginan suatu larutan dengan 20% A.

10.27. Sama, dari suatu larutan dengan 100% A.

10.28. Apa yang dimaksud dengan campuran dari hablur?

10.29. Apa yang dimaksud dengan hablur-campuran?

10.30. Apa yang dimaksud dengan difusi?

10.31. Sebutkanlah perbedaan antara diagram-dasar yang pertama dengan diagram-dasar yang kedua.

DIAGRAM PEMBEKUAN YANG PENTING

10.32. Berhubung dengan gambar 10.08, sebutkanlah selengkap mungkin gejala yang terjadi pada pendinginan suatu larutan dengan 60% A.

10.33. Sama, tentang larutan dengan 80% A.

10.34. Sama, tentang larutan dengan 88% A.

10.35. Sama, tentang larutan dengan 95% A.

10.36. Sama, tentang larutan dengan 100% A.

10.37. Berhubung dengan gambar 10.08, hitunglah kadar dari campuran eutektis setelah pendinginan larutan yang tercantum pada pertanyaan 10.32 . . . . . 10.36.

10.38. Dengan menggunakan gambar 10.08, lukiskanlah lengkungan pendinginan dari larutan yang tercantum pada pertanyaan 10.32 . . . . . 10.36.

10.39. Sebutkanlah pada pokoknya perbedaan antara: a) campuran dari hablur, b) hablur-campuran, c) campuran dari hablur-campuran.

10.40. Berhubung dengan gambar 10.08, sebutkanlah kadar maksimum B dan A, yang dapat dipertahankan larut oleh hablur-campuran M_1 dan M_2 dan sebutkan pada suhu mana kadar itu dapat dipertahankan larut.

DIAGRAM PEMBEKUAN YANG LAIN

10.41. Sesuai dengan gambar 10.09 sebutkanlah selengkap mungkin gejala yang terjadi pada pendinginan larutan dari: a) 15% A, b) 70% A, c) 90% A.

10.42. Hitunglah kadar-timah dari persenyawaan kimia Mg_2Sn. Bobot atom dari maknesium dan timah supaya dicari dalam buku ilmu kimia.

10.43. Lukiskanlah untuk susunan Mg – Mg_2Sn tiga buah garis sejajar dengan jarak 10 mm dan dengan ukuran panjang 100 mm. Pada garis yang paling bawah diukurkan dari kanan ke kiri kadar-maknesium, pada garis yang di tengah dari kiri ke kanan kadar Mg_2Sn dan pada garis yang paling atas diukurkan dari kiri ke kanan kadar timah dalam Mg_2Sn. Pada waktu mengukurkan kadar supaya selalu dimulai dari 0%.
Petunjuk: kertas supaya ditidurkan dan garis-garis sebanyak mungkin didirikan sebelah kanan bawah, agar supaya pertanyaan 10.44. dapat dibuat di atas kertas yang sama.

10.44. Dari susunan Mg – Mg_2Sn diketahui sebagai berikut:
Pada suhu 561° C terjadi eutektikum dan susunan dengan 36,4% timah. Maknesium mempunyai titik-beku pada 650° C dan pada keadaan padat tidak larut dalam Mg_2Sn.
Persenyawaan kimia Mg_2Sn mempunyai titik-beku pada 778°C dan pada keadaan padat melarutkan sampai maksimum 14,8% timah dalam maknesium. Pada 0° C Mg_2Sn melarutkan sampai 1% timah dalam maknesium.
Diminta:
1. Lukiskan diagram pembekuan dari susunan Mg – Mg_2Sn dan diberi catatan.
   Petunjuk: untuk skala-suhu ambillah 10 mm $\hat{=}$ 100^0C.
2. Sesuai dengan gambar diagram di atas sebutkanlah selengkap mungkin gejala yang terjadi pada pendinginan larutan dari: a) 10% timah, b) 20% timah, c) 60% timah.
3. Lukiskanlah di sebelah kiri di samping diagram-pembekuan, lengkungan pendingin dari larutan yang tercantum pada pertanyaan 2.

10.45. Apa yang dimaksud dengan modifikasi dari sesuatu zat?

10.46. Dari susunan timah-seng diketahui sebagai berikut:

Pada suhu 200° C terjadi eutektikum dan suatu susunan dari 16% seng. Timah mempunyai titik-beku pada 232° C, dalam keadaan padat tidak melarut dalam seng-dan dalam keadaan padat dapat terjadi dalam dua modifikasi, di mana peralihan terjadi pada 18°C. Modifikasi antara 232 dan 18°C dinamakan x dan modifikasi di bawah 18°C dinamakan β. Seng mempunyai titik-beku pada 419° C, dalam keadaan padat tidak larut dalam timah dan dalam keadaan padat hanya terjadi dalam satu modifikasi.

Diminta:

1. Lukiskan diagram-pembekuan dari susunan timah-seng dan diberi catatan.
   Petunjuk: untuk skala ambillah 10 mm $\triangleq$ 10% dan 10 mm 50° C.
2. Berhubung dengan gambar diagram di atas, sebutkanlah selengkap mungkin gejala yang terjadi pada pendinginan suatu larutan dari: a) 5% seng, b) 80% seng.

10.47. Hitunglah kadar zatarang dari persenyawaan sementit. Bobot-atom dari besi dan zatarang supaya dicari dalam buku ilmu kimia.

10.48. Lukiskanlah untuk susunan Fe-Fe_3C tiga buah garis horisontal pada jarak 10 mm dan dengan ukuran-panjang 100 mm.
Ukurkanlah pada garis yang paling bawah kadar-besi dari kanan ke kiri, pada garis yang di tengah kadar sementit dari kiri ke kanan dan pada garis paling atas, juga dari kiri ke kanan kadar zatarang dalam sementit. Waktu mengukurkan kadar, supaya selalu dimulai dengan 0%.
Petunjuk: kertas supaya ditidurkan dan garis sebanyak mungkin didirikan di sebelah kanan bawah, agar supaya soal 10.49 dapat dibuat pada kertas yang sama.

10.49. Dari susunan Fe – Fe_3C diketahui sebagai berikut:
Pada suhu 1130° C terjadi suatu eutektikum dari fasa-cair dan suatu susunan dengan 4,3% zatarang.
Selain dari itu pada suhu 723° C terjadi eutektikum dari fasa-padat dan suatu susunan dengan 0,8% zat-arang.
Besi mempunyai titik-beku pada suhu 1539° C, dalam keadaan padat tidak larut dalam sementit dan dalam keadaan padat dapat terjadi dalam dua modifikasi, di mana peralihan terjadi pada suhu 910°C. Modifikasi antara suhu 1539 dan 910°C kan sampai maksimal 2% zatarang dalam modifikasi y besi dan dalam keadaan padat melarutkan sampai maksimum sedemikian kecil prosentasi zatarang dalam modifikasi x besi, sehingga dapat dihapus dalam gambar; dalam keadaan padat hanya dapat terjadi dalam satu modifikasi.
Diminta:

1. Gambarkanlah diagram – pembekuan dari susunan Fe – Fe_3C dan diberi catatan.
   Petunjuk: untuk skala-suhu ambillah 10 mm 150° C.
2. Sesuai dengan gambar ini sebutkanlah selengkap mungkin gejala yang terjadi pada pendinginan larutan dari: a) 0,3% zatarang, b) 1,5% zatarang, c) 3% zatarang, d) 5% zatarang.
3. Lukiskanlah di sebelah kiri di samping diagram-pembekuan, lengkungan pendinginan dari 100% besi.

RINGKASAN

10.50. Sebutkanlah ciri dan sifat dari suatu paduan yang terdiri dari: a). suatu campuran dari hablur, b) hablur-campuran, c) suatu persenyawaan secara kimia.

10.51. Terangkanlah kekerasan yang lebih besar dari paduan yang terdiri dari hablur-campuran.

10.52. Apa yang dimaksud dengan memadu dan dengan tujuan apakah paduan dibuat? Terangkanlah bagaimana mencapai tujuan itu dan apa sebabnya tujuan tersebut dicapai.

SOAL UJIAN – AKHIR

10.53.M. Susunan bismut-kadmium mempunyai diagram-pembekuan, yang sesuai dengan diagram-dasar pertama. Titik-lumer bismut 271°C dan titik-lumer kadmium 321° C. Eutektikum pada susunan 60% bismut dan 40% kadmium dan pada suhu 146° C. Dari 100 gram paduan yang terdiri dari 30% bismut dan 70% kadmium pada suhu-kamar ditanyakan:

a. Berapa gram hablur-kadmium kasar terdapat dalam paduan?
b. Berapa gram campuran eutektis terdapat dalam paduan?
c. Berapa gram bismut dan berapa gram kadmium terdapat dalam campuran eutektis?

10.54.M. Di bawah ini tercantum suhu, yang menunjukkan permulaan dan berakhirnya pembekuan dari sejumlah paduan bismut-kadmium dari berbagai macam susunan.

Susunan	Permulaan pembekuan	Akhir pembekuan
100% Bi –		271° C
90% Bi – 10% Cd	241° C	146° C
80% Bi – 20% Cd	200° C	146° C
70% Bi – 30% Cd	172° C	146° C
60% Bi – 40% Cd	146° C	146° C
50% Bi – 50% Cd	182° C	146° C
40% Bi – 60% Cd	210° C	146° C
30% Bi – 70% Cd	242° C	146° C
20% Bi – 80% Cd	270° C	146° C
10% Bi – 90% Cd	292° C	146° C
100% Cd		321° C

Diminta:

a. Lukiskanlah diagram-keadaan untuk paduan ini.
   Ambillah skala untuk sumbu – x 10 mm ≙ 5% dan untuk sumbu-y 10 mm ≙ 25° C.
b. Apakah waktu pembekuan terjadi hablur-campuran?
c. Tunjukkan pada gambar, titik di mana paduan dengan 80% bismut dan 20% kadmium mulai membeku.
   Jenis hablur apa yang terjadi di sini?
d. Kini paduan mendingin sampai 176° C.
   Jenis hablur apa yang terjadi sekarang?
   Tunjukkan dengan jelas pada gambar, susunan apa yang terdapat pada sisa zat-cair pada suhu itu.
e. Paduan mendingin lebih lanjut sampai 147° C.
   Jenis hablur apa yang terjadi sekarang?
   Tunjukkanlah lagi susunan dari zat-cair yang tersisa.
f. Paduan mendingin sampai 146°C.
   Jenis hablur apakah yang terjadi sekarang ?
   Apa yang anda lihat pada suhu ?

10.55.M. Berhubung dengan sifat dapat larutnya, sebutkanlah tiga jenis paduan dan berilah penjelasan singkat dari tiap paduan tersebut.

11. PADUAN NON-FERRO YANG BERAT

11.001 Apa yang dimaksud dengan paduan non-ferro yang berat? Sebutkanlah yang terpenting.

11.002 Sebutkanlah dua paduan-tembaga dan dua paduan timah dengan timbel dan cantumkan padanya daerah penggunaan yang terpenting.

Loyang

11.003 Sebutkanlah unsur-paduan dari loyang dan cantumkan padanya pengaruh masing-masing unsur terhadap paduan.

11.004 Usahakanlah untuk menjelaskan apa sebabnya seng dapat memperbaiki sifat dapat dituang dari tembaga (lihat jilid 1, tembaga).

11.005 Sebutkanlah perbedaan sifat dan penggunaan antara loyang yang terdiri dari hablur-campuran α (M_α) dan loyang yang tersusun dari hablur-campuran α + hablur-campuran β ($M_\alpha + M_\beta$).

11.006 Usahakanlah untuk menjelaskan perbedan itu.
Apakah artinya penunjukan yang dinormalisasikan sebagai berikut: GCuZn15, CuZn30 dan CuZn40Pb3?

11.007 Bandingkan dan terangkan sifat dan penggunaan dari GCuZn15 dan GCuZn40.

11.008 Bandingkan dan terangkan sifat dan penggunaan dari CuZn15 dan CuZn30.

11.009 Bandingkan dan terangkan sifat dan penggunaan dari CuZn33 dan CuZn40Pb3.

11.010 Bandingkan dan terangkan sifat dan penggunaan dari CuZn40Pb3 dan CuZn39Pb2.

11.011 Lukiskan dalam satu gambar diagram-tarik dari GCuZn35 dan GG15. Data yang diperlukan untuk ini supaya dicari dalam ikhtisar yang bersangkutan. Bandingkanlah sifat dari kedua macam bahan ini. Apa yang menentukan pilihan untuk penggunaan salah satu dari bahan tersebut?

BAHAN UNTUK BANTALAN–LUNCUR

11.012 Syarat apa yang harus dipenuhi oleh bahan untuk bantalan-luncur?
Bagaimana cara dapat memenuhi syarat itu?

11.013 Apa yang dimaksud dengan pemakanan (- logam) ?
Bagaimana menerangkan hal ini?

11.014 Sebutkanlah sekurang-kurangnya lima macam bahan untuk bantalan-luncur dan catat padanya sifat dan penggunaannya.

11.015 Apa sebabnya besi-tuang dan paduan-sinter tidak sesuai untuk beban sentakan?
Apa sebabnya plastik sesuai untuk beban sentakan?

11.016 Apa sebab besi-tuang, paduan-sinter dan kayu-pok disebutkan dapat melumas diri?

11.017 Bagaimana dapat menjadikan paduan-sinter berpori?

11.018 Keburukan apa yang terdapat pada hampir semua bahan plastik?

11.019 Apa kekurangan nilon?

Perunggu

11.020 Sebutkanlah unsur-paduan dari perunggu dan cantumkan padanya pengaruh yang dilakukannya terhadap paduan.

11.021 Terangkanlah pengaruh timbel sebagai unsur paduan (lihat jilid 1,timbel).

11.022 Sebutkan perbedaan dalam sifat dan penggunaan antara perunggu yang terdiri dari hablur-campuran α (M_α) dan perunggu yang tersusun dari hablur-campuran α + hablur δ ($M_\alpha + \delta$).

11.023 Apa sebabnya kebanyakan paduan tembaga-timah merupakan paduan-tuangan?

11.024 Apa yang dimaksud pada umumnya dengan desoksidasi?

11.025 Apa sebabnya perunggu harus didesoksidasikan?
Dengan apa perunggu itu didesoksidasikan?

11.026 Terangkanlah pengaruh dari unsur ini.
Sehubungan dengan dua pertanyaan sebelum ini, usahakanlah sekarang sekali lagi untuk menjelaskan apa sebab seng memperbaiki sifat dapat dituang dari tembaga.

11.027 Apa artinya penunjukan yang dinormalisasikan sebagai berikut: GCuSn14, GCuSn10Zn2, GCuSn5Pb5Zn5, GCuSn10Pb10 dan CuSn7?

11.028 Bandingkan dan terangkanlah sifat dan penggunaan dari GCu Sn14, GCuSn12 dan GCuSn10.
Paduan yang mana dari paduan ini yang merupakan bahan spesifik untuk bantalan-luncur dan apa sebabnya?

11.029 Paduan tembaga-timah yang mana yang tidak boleh digunakan untuk bantalan-luncur, jikalau bantalan-luncur itu harus dipasang pada sebuah poros dengan kekerasan HB = 1000 N/mm^2 (lihat ikhtisar paduan tembaga-timah)?

11.030 Terangkanlah mengapa GCuSn10Zn2 dapat dituang lebih sempurna daripada GCuSn10.

11.031 Usahakan untuk mencari hubungan antara sifat dapat dituang dengan baik sekali dari GCuSn10Zn2 dengan penggunaannya untuk alat-alat hidrolik.

11.032 Sebutkan dan terangkan sifat dan penggunaan dari GCuSn5 Pb5Zn5.

11.033 Bandingkan dan terangkan sifat dan penggunaan dari GCuSn10 Pb10 dan GCuSn5Pb20.

11.034 Sebutkanlah dan terangkan sifat dan penggunaan dari CuSn7 dan CuSn9.

Logam-putih.

11.035 Sebutkanlah unsur-paduan dari logam-putih dan cantumkan juga pengaruh dari unsur itu terhadap paduan.

11.036 Lukiskanlah bagian dari diagram-pembekuan timah dan antimon, di mana ternyata bahwa antimon dapat larut dalam timah sampai 6,8%.

11.037 Apakah arti dari penunjukan yang dinormalisasikan sebagai berikut: GISn 92—4—4, GISn 82—10—6—2, GISn 10—15—1—74 dan GIPb?

11.038 Bandingkan dan terangkanlah sifat dan penggunaan dari logam-luncur (=metal-luncur) dengan kadar-timah yang tinggi, logam-luncur (=metal-luncur) dengan kadar-timah yang rendah dan logam-luncur (=metal-luncur) dengan kadar timah yang sedikit sekali serta kadar-timbel yang tinggi.

11.039 Terangkanlah mengapa GISn 83—10—7 100 N/mm^2 lebih keras daripada GISn 92—4—4.
Terangkanlah mengapa GISn 78—13—6—3 hanya 50 N/mm2 lebih keras daripada GISn 82—10—6—2.

11.040 Terangkanlah mengapa GISn 82—10—6—2 mempunyai sifat-luncur yang lebih baik daripada GISn 92—4—4.

11.041 Terangkanlah mengapa pada logam-luncur (=metal-luncur) selalu dicantumkan kekuatan-tekanan.

BAHAN UNTUK MEMATERI

11.042 Apa yang dimaksud dengan mematerí?

11.043 Apa sebab titik-lumer dari paduan-pateri harus lebih rendah dari pada titik-lumer dari logam yang akan disambung?

11.044 Apa tujuan dari bahan pelumer itu?

11.045 Apa yang terjadi dengan paduan-pateri dan bahan-pelumer waktu sedang mematerí?

11.046 Sebutkanlah empat sistim untuk mematerí dan terangkanlah dengan ringkas hal-hal yang penting dari tiap sistim tersebut.

11.047 Dengan sistim pematerian yang mana tidak dapat dicapai suhu-pateri yang tinggi?

Dengan sistim pematerian yang mana dapat dicapai suhu-pateri yang paling tinggi?

11.048 Ambillah dua jenis-pateri dan sebutkan titik-lumer dari tiap jenis pateri itu.

11.049 Paduan-pateri yang mana yang termasuk pateri-keras?

Paduan-pateri yang mana yang termasuk pateri-lunak?

11.050 Apa sebab pada pateri-keras kita tidak dapat mematerí dengan baut-pateri?

11.051 Apa sebab pada pateri-keras diperoleh sambungan yang kuat?

Apa sebab pada pateri-lunak diperoleh sambungan yang tidak kuat ?

11.052 Sebutkanlah tiga kelompok bahan pelumer dan cantumkan juga sifat dari tiap kelompok.

11.053 Bahan pelumer yang mana digunakan pada pematerian-keras?

Bahan pelumer yang mana digunakan pada pematerian lunak?

11.054 Bahan yang mana dapat dipateri dengan bahan-pelumer dengan dasar asam?

Bahan yang mana dapat dipateri dengan bahan-pelumer dengan dasar-damar?

Bahan yang mana dapat dipateri dengan bahan-pelumer dengan dasar-gemuk?

11.055 Bahan-pelumer yang mana yang banyak digunakan dalam teknik listrik dan apa sebabnya?

Tembaga-pateri dan perak-pateri.

11.056 Sebutkan unsur-paduan dari tembaga-pateri dan perak-pateri dan cantumkan juga pengaruh dari masing-masing unsur terhadap paduan.

Apa artinya penunjukan yang dinormalisasikan sebagai berikut: S–Cu60Zn, S–Cu93P, S–Ag25 dan S–Ag30Cd?

11.058 Bandingkan dan terangkanlah sifat dan penggunaan dari S–Cu, S–Cu60Zn dan S–Cu93P.

11.059 Bandingkan dan terangkanlah sifat dan penggunaan dari S–Ag25, S–Ag30Cd, dan S–Ag49CuMnNi.

11.060 Kapan digunakan perak-pateri?

Timah-pateri

11.061 Sebutkanlah unsur-paduan dari timah-pateri dan cantumkan juga pengaruh dari masing-masing unsur terhadap paduan.

11.062 Dari paduan timah-timbel dengan 62% timah ditanyakan:

a. Apa sebabnya paduan ini encer?

b. Apa sebabnya paduan ini memberikan sambungan yang kuat dan yang dapat dirubah bentuknya dengan sempurna?

11.063 Paduan timah-timbel yang mana yang paling kental (lihat gambar 11.06)

11.064 Sebutkan dan terangkanlah penggunaan dari paduan-pateri yang encer dan yang kental.

11.065 Pada paduan timah-timbel yang mana tidak terjadi campuran-eutektis pada pendinginan (lihat gambar 11.06)?

11.066 Bahan yang mana yang dapat dipateri dengan timah pateri?

11.067 Apa artinya penunjukan yang dinormalisasikan sebagai berikut: S50 dan S50Cd?

11.068 Apa sebabnya tidak ada terdapat jenis timah pateri dengan kurang dari 20% timah (lihat gambar 11.06)?

11.069 Apa sebab S20 itu murah?

Apa sebab S20 itu dipakai sebagai dempul untuk menghilangkan ketidak rataan pada bendi dan bodi mobil?

11.070 Sebutkanlah penggunaan dari S30, S35 dan S40.

11.071 Apa sebab S50 dipakai untuk berbagai macam keperluan umum?

11.072 Apa sebab S60 digunakan untuk mematerí sambungan yang kuat dan yang dapat dirubah bentuknya dengan sempurna?

11.073 Apa sebab S90 banyak digunakan dalam industri bahan makanan?

11.074 Lukiskanlah secara berdampingan lengkungan pendingin dari S1Ag dan S50Cd.

11.075 Apa sebabnya S1Ag digunakan untuk mematerí sambungan yang harus tahan suhu tinggi dalam pemakaiannya?

11.076 Apa sebabnya S50Cd digunakan untuk mematerí kaleng yang dilak dan untuk mematerí kemudian barang yang telah dipateri sebelumnya ?

11.077 Dalam ikhtisar pateri-lunak ditunjukkan secara global (=umum), bahwa nomor 1 . . . . . 5 dipateri dengan nyala-api dan nomor 6 . . . . . 9 dipateri dengan baut-pateri.
Untuk jenis timah pateri yang mana penunjukan ini kurang lengkap?

BAHAN UNTUK MENGELAS

11.078 Apa yang dimaksud dengan mengelas?

Bahan untuk las otogen

11.079 Apa gunanya gas-asetilen dan zat-asam dan apa gunanya kawat-las ?

11.080 Apakah gas-asetilen itu, bagaimana cara membuatnya dan bagaimana cara memperdagangkannya ?

11.081 Bagaimana dapat dilihat, bahwa gas-asetilen itu adalah zatair-arang yang tak jenuh dan apa yang diperoleh, bila zatair-arang tak jenuh itu dirobah menjadi zatair-arang yang jenuh ?

11.082 Berilah persamaan kimia untuk pengolahan gas-asetilen.

11.083 Dalam apakah dilakukan pengolahan gas-asetilen dan dua sistim yang mana yang dikenal pada pengolahan itu ?

11.084 Berapa besar tekanan gas-asetilen dalam botol ?
Dalam keadaan bagaimana terdapat gas-asetilen itu dalam botol dan mengapa demikian ?
Apa sebabnya gas-asetilen yang diperdagangkan secara demikian dinamakan gas-disus asetilen? Untuk ini periksalah kamus Perancis.

11.085 Apa sebab botol gas-disus asetilen tidak boleh ditidurkan?

11.086 Apakah zatasam itu, bagaimana cara membuatnya dan bagaimana cara memperdagangkannya ?

11.087 Apa yang dimaksud dengan penyulingan (=destilasi) bertingkat dari udara yang dicairkan?
Apa yang dimaksud dengan elektrolisis air?

11.088 Berapa besar tekanan zatasam dalam botol ?
Apa sebab tekanan zatasam dapat dibuat lebih tinggi daripada tekanan asetilen ?

Bahan untuk las busur logam

11.089 Apakah elektroda itu?

11.090 Apa maksud tujuan dari batang logam dan apa tujuan dari bahan pelapisnya?

11.091 Dengan dua cara bagaimana pelapisan itu dapat dibuat?

11.092 Dari apakah tergantung susunan batang-logam dan dari apakah tergantung susunan bahan pelapisnya?

11.093 Sebutkanlah empat macam bahan pelapis yang terpenting dan cantumkan juga dari apa bahan pelapis itu terdiri dan sebutkan sifat serta penggunaannya.

11.094 Berikanlah penjelasan mengenai ucapan yang tercantum di bawah ini:
a. Elektroda kental membeku dengan cepat.
b. Elektroda encer membeku dengan lamban.
c. Pada elektroda kental tak mungkin dicapai kecepatan las yang tinggi.
d. Pada elektroda encer dapat dicapai kecepatan las yang tinggi.
e. Elektroda yang cepat membeku cocok untuk semua kedudukan las.
f. Elektroda yang membeku dengan lamban tidak cocok untuk semua kedudukan las.

SOAL UJIAN – AKHIR

11.095.M. Apa perbedaan struktur dan sifat antara loyang-x dan loyang-(x + B) ?

11.096.M. a. Apakah loyang itu?
Sebutkanlah beberapa macam sifat dan penggunaannya.
b. Apakah perunggu itu?
Sebutkanlah beberapa macam pemakaiannya dan unsur-paduan yang digunakan untuk itu.

Utrecht, 1959, M

11.097.M. a. Untuk apakah digunakan perunggu tanpa seng?
b. Sifat buruk dan sifat baik yang mana diberikan oleh seng kepada perunggu?
c. Apa bedanya antara GCuSn14 dan GCuSn10?
Yang manakah yang paling keras? Apa sebabnya?
Sebutkanlah penggunaan dari kedua macam bahan ini.
d. Apa perbedaan antara bantalan perunggu dan bantalan logam-putih?

11.098.M. a. Dua syarat bertentangan yang mana yang harus dipenuhi

oleh logam bantalan (=metal bantalan)?

b. Bagaimana dapat mencapainya pada GCuSn14 dan bagaimana pada logam-putih dengan dasar-timah?

11.099.M. a. Syarat apakah yang harus dipenuhi oleh logam-luncur (=metal luncur)?

b. Berilah penjelasan tentang logam-luncur yang lunak dan yang keras dan terangkanlah sedikit tentang penggunaannya.

11.100.M. a. Paduan yang manakah yang cocok untuk metal-dukung (=logam-dukung) dalam blok-bantalan?

b. Sebutkanlah susunan komponen dari paduan tersebut dan cantumkan juga pengaruh komponen terhadap sifat bahan.

11.101.M. a. Sebutkanlah beberapa macam bahan yang dapat digunakan untuk bantalan-luncur.

b. Apa yang dimaksud dengan logam-putih ?
Sifat apa yang dimiliki oleh bahan ini? Bahaslah hal-hal sebagai berikut: gesekan, pengantaran panas (=kalor), jalan panas, memasang, ukuran tebal, pengerjaan, kekuatan.

c. Kadang-kadang timah dalam paduan ini diganti oleh timbel. Apa kebaikan dan keburukan dari penggantian ini?

11.102.M. a. Berilah ulasan singkat tentang mematerí lunak dan mematerí keras.

b. Apakah bagian-bagian pokok dari pateri-lunak dan dari pateri keras?

11.103.M. Berilah ulasan dari gas-asetilen dan gas-disus asetilen tentang pengolahannya, tentang sifat, penyimpanan, penggunaan, dan tentang peraturan-peraturannya.

11.104.M. Jelaskanlah dengan persamaan kimia, mengapa asetilen (C_2H_2) itu sangat sesuai untuk mengelas.

11.105.M. Apa perlunya bahan pelapis pada elektroda?

12. PADUAN NON-FERRO YANG RINGAN

12.01. Mengapa aluminium dan maknesium yang tidak dipadu jarang digunakan?

12.02. Sifat mekanis mana yang diperbaiki oleh paduan dari aluminium dan maknesium dan sifat mana yang tidak?

12.03. Sifat fisis mana yang dikurangi oleh paduan dari aluminium dan maknesium?

12.04. Sebutkanlah massa-jenis dari aluminium dan maknesium dalam prosen dari masa-jenis baja.

Paduan aluminium

12.05. Sebutkanlah unsur-paduan dari paduan-aluminium dan cantumkan juga pengaruhnya terhadap paduan.

12.06. Dari hablur apa terdiri paduan-aluminium dengan silisium kurang dari 12%.

12.07. Jelaskanlah dengan pertolongan dua bagan, bahwa paduan yang terdiri dari hablur halus mempunyai kekuatan-tarik yang lebih tinggi daripada paduan yang terdiri dari hablur kasar.

12.08. Apakah yang dimaksud dengan alklad?

12.09. Buatlah dalam satu gambar diagram-tarik dari aluminium, paduan-aluminium, paduan-aluminium yang dirobah bentuknya dalam keadaan dingin, dari paduan-aluminium yang disepuh keras dan dari Fe 360.
Bandingkanlah sifat aluminium dan berbagai macam paduan aluminium dengan sifat dari Fe 360.

12.10. Apa yang dimaksud dengan sepuh keras dispersi?

12.11. Buatkanlah gambaran grafik tentang sepuh keras dispersi, di mana pada sumbu-tegak diukurkan suhu dan pada sumbu horisontal diukurkan waktu (diagram suhu-waktu).

12.12. Apakah perbedaan antara paduan-aluminium yang dimurnikan dan paduan-aluminium yang dimurnikan secara penuh ?

12.13. Bilamanakah pada umumnya dapat dilakukan sepuh-keras dispersi?

12.14. Kapan paduan aluminium dapat disepuh keras?

12.15. Apakah yang dimaksud dengan menganodisasikan?

12.16. Kapan paduan aluminium dapat dianodisasikan dengan baik?

12.17. Apa artinya penunjukan yang dinormalisasikan sebagai berikut: GAlSi12, AlMg1 dan AlCu4Mg1?

12.18. Bandingkan dan terangkanlah sifat dan penggunaan dari GAlSi5 Mg, GAlSi7Mg dan GAlSi10Mg.
Apa sebabnya paduan ini dapat disepuh keras?

12.19. Bandingkan dan terangkanlah sifat dan penggunaan dari GAlSi7 Mg dan GAlSi12.
Apa sebabnya GAlSi12, yang dinamakan selumin menjadi paduan-tuang aluminium yang terkenal dan yang paling banyak digunakan?

12.20. Buatlah dalam satu gambar, diagram-tarik dari GAlSi12 dan GG15.
Data yang diperlukan untuk ini supaya dicari dalam ikhtisar yang bersangkutan.
Bandingkanlah sifat dari kedua bahan ini.
Apakah yang menentukan pilihan untuk penggunaan salah satu dari bahan tersebut?

12.21. Bandingkan dan terangkanlah sifat dan penggunaan dari AlMg1; AlMg2; AlMg3,5; AlMg4,5; AlMg5.
Apa sebabnya paduan ini mempunyai daya tahan-korosi yang baik?
Apa sebabnya paduan ini dapat dianodisasikan dengan baik;

12.22. Sebutkan dan terangkanlah sifat dan penggunaan dari AlCu4 Mg1. Apa sebabnya bahan ini dapat disepuh keras?
Apa sebabnya AlCu4Mg1, yang dinamakan duralumin menjadi paduan remas aluminium yang terkenal dan yang paling banyak digunakan ?

12.23. Bandingkan sifat dan penggunaan dari AlCu4Mg1 dan Fe 37.

Paduan maknesium

12.24. Sebutkanlah unsur-paduan dari paduan-maknesium dan cantumkan juga pengaruhnya terhadap paduan tersebut.

12.25. Sebutkanlah susunan, sifat dan penggunaan dari tiga macam paduan maknesium yang terkenal dan yang paling banyak digunakan.
Apa namanya paduan itu?

SOAL UJIAN – AKHIR

12.26.M. a. Apa sebabnya aluminium tidak banyak digunakan dalam konstruksi?
b. Apa sebabnya duralumin banyak digunakan dalam konstruksi?

c. Bagaimanakah cara melindungi duralumin terhadap korosi?

12.27.M. a. Dalam kelompok-utama yang manakah paduan ringan dibedakan ?
b. Dengan unsur apakah bahan itu dapat dipadu dan apa pengaruh dari unsur-paduan tersebut ?
c. Sebutkanlah beberapa macam penggunaan dari paduan ringan dan sebutkan sifat apa ayng membenarkan penggunaan itu.
d. Dengan pengerjaan-panas bagaimanakah dapat diperbaiki sifat mekanis dari paduan ringan?
Berilah ulasan singkat tentang hal ini.

Bahaslah tentang duralumin, silumin dan elektron:

12.28.M. a. Susunannya.
b. Bentuk, dimana unsur-paduan terdapat dalam bahan.
c. Sifat-sifat istimewanya.
d. Beberapa macam penggunaan.

12.29.M. a. Apa tujuan dari pemaduan aluminium?
b. Paduan-tuang aluminium yang mana yang anda kenal dan unsur-paduan terpenting apakah yang terdapat di dalamnya?
c. Sebutkanlah beberapa macam penggunaan dari paduan ini.
d. Paduan-remas aluminium yang mana yang anda kneal dan unsur-paduan terpenting apa ayng terdapat di dalamnya ?
e. Sebutkanlah beberapa macam penggunaan dari paduan ini.
f. Apakah nama kebanyakan paduan-maknesium dan unsur-terpenting apa yang terdapat di dalamnya?

13. BAHAN PELUMAS

Sifat penting

13.01. Sifat titik nyala-api dan titik-bakar manakah yang mempunyai nilai tertinggi?

13.02. Apa yang dimaksud dengan viskositas dan bagaimana cara menentukan viskositas itu pada umumnya?

13.03. Sebutkanlah cara penunjukan viskositas kinematis yang dikenal di Eropa, Inggeris dan di Amerika.

13.04. Untuk menentukan viskositas kinematis telah diketemukan de-

ngan pesawat Engler untuk waktu pengaliran 200.10^3 mm^3 minyak dari 100° C diperlukan 125 detik dan untuk waktu pengaliran 200 . 10^3 mm^3 air dari 20° C diperlukan 50 detik.
Diminta:
a. Viskositas kinematis dalam ° E
b. Viskositas kinematis dalam s R I dan s R II
c. Viskositas kinematis dalam s S U dan s S F
d. Viskositas kinematis dalam bilangan S A E.

13.05. Dari pesawat Redwood dan pesawat Saybolt, yang manakah mempunyai lubang pengaliran yang terbesar?

13.06. Apa yang dimaksud dengan indeks – viskositas (V.I.).

13.07. Minyak-mesin normal mempunyai indeks-viskositas kira-kira 20, sedang minyak khusus untuk sistim hidrolik mempunyai indeks-viskositas kira-kira 120. Jelaskanlah hal ini!
Minyak manakah yang mempunyai lengkungan-viskositas datar dan minyak manakah yang mempunyai lengkungan-viskositas yang terjal?

13.08. Apa yang dimaksud dengan bilangan pembentukan zatarang dan Condrason ?

13.09. Apa yang dimaksud dengan bilangan-netralisasi atau dengan bilangan-asam ?

13.10. Minyak rodagigi khusus yang telah dipakai agak lama, ternyata mempunyai bilangan-asam yang tinggi. Jelaskanlah hal ini ! Bahaya apa yang dapat dialami oleh rodagigi ?

13.11. Apa yang dimaksud dengan bilangan-penetrasi "kerja" ?
Terangkanlah pengertian mengenai istilah: "kerja" (= worked) itu.

13.12. Gemuk "Shell Livona" 3 mempunyai bilangan-penetrasi "kerja" sebesar 230 – 280 dan gemuk "Shell Rhodina" 2 mempunyai bilangan-penetrasi "kerja" sebesar 280 – 295. Gemuk manakah yang lebih kental?

13.13. Apa yang dimaksud dengan titik-tetes?

Gesekan dan pelumasan

13.14. Kapan terjadi gesekan?

13.15. Apa yang dimaksud dengan pelumasan dan dengan tujuan apa pelumasan itu digunakan?

13.16. Jenis gesekan dan pelumasan manakah yang dikenal ?

13.17. Sebutkanlah perbedaan antara jenis gesekan dan jenis pelumasan.

13.18. Pada gesekan zat-cair, besarnya kofisen-gesek f ditentukan oleh ukuran tebal lapisan bahan pelumas dan oleh viskositas. Jelaskan hal ini!

13.19. Apa yang dimaksud dengan "oiliness" (=daya-lumas)?

13.20. Pada gesekan yang setengah kering, besarnya kofisen-gesek ditentukan antara lain oleh "oiliness" (daya-lumas).
Terangkanlah hal ini!

Minyak

13.21. Sebutkan pada satu fihak perbedaan antara minyak tumbuh-tumbuhan dan minyak-hewan dan pada fihak lain dengan minyak mineral.

13.22. Apa yang dimaksud dengan minyak kompon?

Bahan-imbuh aditif (=dopes of additives)

13.23. Apa yang dimaksud dengan bahan-imbuh aditif (=dopes of additives) dan apa tujuan penggunaannya?

13.24. Bahan-imbuh (=dope) mana yang terpenting dalam minyak untuk:
a. Rodagigi yang harus memindahkan tenaga yang besar ?
b. Sistim hidrolik?
c. Motor?
d. Mesin pendingin?
Berilah alasan mengenai jawaban anda!

Jenis minyak yang digunakan

13.25. Syarat apa yang harus dipenuhi oleh jenis-minyak yang baik?

13.26. Apa sebabnya minyak khusus yang digunakan untuk sistim hidrolik harus memenuhi semua persyaratan setinggi mungkin?

Jenis gemuk yang digunakan

13.27. Sebutkanlah sekurang-kurangnya tiga keadaan, di mana minyak tidak memenuhi syarat.

13.28. Apa sebabnya minyak tidak memenuhi syarat sebagai bahan-pelumas untuk bantalan-peluru?

13.29. Bahan-lumas (minyak atau gemuk) manakah yang akan digunakan dalam:
a. Lemari rodagigi yang terbuka ?
b. Bantalan-silinder?
c. Bantalan-luncur dari sebuah motor listrik?

d. Lemari rodagigi yang tertutup ?
e. Bantalan-luncur dari paksi vertikal sebuah keran-putar?
f. Bantalan-golong pada cembung-putar (=pivot)?
Berilah alasan mengenai jawaban anda!

13.30. Terdiri dari dua bagian-campuran apakah gemuk itu?

13.31. Rupa-rupa jenis gemuk manakah yang dibedakan ?

13.32. Apa yang dimaksud dengan sabun?

13.33. Berilah persamaan kimia dari basa kalsium dan dari basa natrium.

13.34. Jenis gemuk yang manakah akan digunakan orang dalam:
a. Bantalan-peluru untuk motor-listrik (=elektromotor) ?
b. semua bantalan pada mobil?
c. Bantalan-poros pada pompa-air?
d. Lemari rodagigi yang terbuka?
Berilah alasan mengenai jawaban anda!

Bahan-lumas pendingin.

13.35. Apa yang dimaksud dengan bahan-lumas pendingin dan dengan tujuan apa bahan-lumas ini digunakan?

13.36. Syarat apakah yang harus dipenuhi oleh bahan-lumas pendingin yang baik?

13.37. Bahan-lumas pendingin mana saja yang dibedakan ?

13.38. Pada pengerjaan membubut, mengebor dan mengasah digunakan sebagai bahan-lumas pendingin minyak yang dapat mengelmulsi.
Untuk pengerjaan yang mana emulsi yang paling sedikit mengandung air?
Untuk pengerjaan yang mana emulsi yang paling banyak mengandung air?

13.39. Bahan-lumas pendingin yang mana yang akan digunakan orang dalam suatu mesin otomat dengan paksi banyak, yang dapat melakukan pengerjaan sebagai berikut: membubut, mengebor, memperluas, mengetap, memotong uliran dan menyudip?

13.40. Terangkanlah mengapa minyak-potong dengan sifat tekanan batas (E.P. = extreme pressure) dapat menjamin kwalita permukaan benda-kerja yang baik.

SOAL UJIAN — AKHIR

13.41.M. a. Apa yang dimaksud dengan viskositas kinematis dari minyak?

b. Dalam nilai apa viskositas kinematis itu dinyatakan?
c. Terangkanlah sedikit tentang cara penentuan viskositas kinematis!
d. Apa yang dimaksud dengan indeks-viskositas?
e. Nilai praktis apa yang dimiliki oleh bilangan-asam.

13.42.M. a. Terangkanlah dasar-kerja dari sistim pelumasan gerak-putar dan dari sistim pelumasan gerak-lurus dan berilah penjelasan dengan bagan.
b. Keadaan-pelumasan yang bagaimana dapat terjadi di sini dan kapan keadaan pelumasan yang demikian terutama dapat berlangsung ?
Jawaban supaya diberi penjelasan dengan sketsa.
c. Dalam keadaan demikian, sifat yang bagaimana yang diinginkan dari bahan-pelumas dan jenis-minyak yang mana yang dapat memenuhi sifat itu?
d. Apa yang dimaksud dengan indeks-viskositas dari minyak ?

13.43.M. Rodagigi dalam lemari roda-tukar dari sebuah mesin-bubut dilumas dengan sejenis minyak-lumas; viskositas kinematisnya dinyatakan dalam ^{O}E.
a. Apa yang dimaksud dengan viskositas kinematis dan bagaimana cara mengukurnya menurut Engler?
b. Minyak mempunyai lengkungan viskositas yang datar. Apakah artinya? Apakah soal itu di sini sangat penting?
c. Kepada minyak kerap kali ditambahkan bahan-imbuh aditif (=dopes of additives). Sebutkanlah beberapa macam tujuan yang ingin kita capai dengan tambahan ini.

13.44.M. a. Dalam hal apa gemuk dipakai sebagai pelumas?
b. Bagaimana gemuk-pelumas harus dipandang? Terangkanlah hal ini!
c. Bagaimana cara menguji gemuk-pelumas?
d. Sebutkanlah beberapa jenis gemuk dengan sifat dan penggunaannya.

13.45.M. Sebutkanlah bahan-pelumas dan sifat dari bahan pelumas itu untuk:
a. Poros yang berputar lamban dalam alam terbuka.

b. Poros yang berputar lamban dalam ruang tertutup.
c. Poros yang berputar cepat pada sistim pelumasan terbuka.
d. Poros yang berputar cepat pada sistim pelumasan tertutup.

14. BAHAN–BAKAR

Sifat penting.

14.01. Apa yang dimaksud dengan nilai-bakar tertinggi?
Apa yang dimaksud dengan nilai-bakar terendah?

14.02. Batubara basah dan batubara kering mempunyai nilai-bakar tertinggi yang sama besar.
Jenis batubara mana yang mempunyai nilai-bakar terendah yang paling besar?

Pembakaran

14.03. Apa yang dimaksud dengan pembakaran?

14.04. Unsur mana yang paling penting untuk pembakaran dalam bahan-bakar?

14.05. Apa sebabnya nilai-bakar tertinggi dari zat-arang besar bila terjadi CO_2 dan kecil bila terjadi CO ?

14.06. Apakah yang dimaksud dengan kwantitas udara yang diperlukan secara teoretis dan bagaimana cara menghitungnya ?
Apakah dimaksud dengan kwantitas udara yang diperlukan secara praktis dan bagaimana cara menghitungnya?

14.07. Mengapa seharusnya kwantitas udara yang diperlukan secara praktis selalu lebih besar daripada kwantitas udara yang diperlukan secara teoretis ?

14.08. Dari faktor apa dan bagaimana tergantung besarnya faktor-udara itu?
Berilah sedikit penjelasan mengenai hal ini.

14.09. Isilah tabel yang tercantum di bawah ini:

cara mengopak	faktor-udara
1. Mengopak batubara dengan tangan dan tarikan alam	2
2. Mengopak batubara dengan tangan dan tarikan buatan	
3. Mengopak batubara dengan rangka-rantai dan tarikan buatan	
4. Mengopak batubara debu dan mengopak-minyak dengan tarikan buatan	

Bahan-bakar padat.

14.10. Bahan-bakar padat terjadi karena pengarangan tumbuh-tumbuhan.
Terangkanlah proses pengarangannya.

14.11. Sebutkan dan terangkanlah sifat dari bahan-bakar muda.
Sebutkan dan terangkanlah sifat dari bahan-bakar tua.

14.12. Sebutkanlah sifat dan penggunaan dari keempat jenis batubara dan letakkanlah hubungan antara sifat-sifat dan penggunaan ini.

14.13. Apa sebabnya api dengan batubara-tempa dapat diopak lebih cepat daripada api dengan antrasit.

14.14. Bagaimanakah cara membuat kokas?

14.15. Sebutkanlah sifat dan penggunaan dari kokas dan letakkanlah hubungan antara sifat-sifat dan penggunaan ini.

14.16. Bagaimanakah cara membuat briket?

Bahan-bakar cair

14.17. Bahan-bakar cair diperoleh dengan jalan penyulingan (=destilasi) bertingkat dari minyak bumi.
Terangkanlah dengan sebuah bagan bagaimana jalannya proses penyulingan bertingkat itu.

14.18. Bandingkanlah nilai-bakar dari batubara dan minyak-bakar.
Sebutkanlah keuntungan dan kekurangan dari batubara dan minyak-bakar.

14.19. Sebutkanlah sifat dan penggunaan dari ke empat bahan-bakar cair dan letakkanlah hubungan antara sifat-sifat dan penggunaan ini.

14.20. Berilah definisi tentang nilai-oktan bensin.

Bahan-bakar gas

14.21. Dari apakah terutama terdiri gas-bumi ?

14.22. Bandingkanlah nilai-bakar dari gas-bumi dan gas-kota.
Sebutkanlah keuntungan dan kekurangan dari gas-bumi dan gas-kota.

14.23. Dari apakah terutama terdiri propan dan butan?

14.24. Sebutkanlah penggunaan dari propan.
Sebutkanlah penggunaan dari butan.

SOAL UJIAN – AKHIR

14.25.M. a. Dalam kelompok apa dapat dibagi bahan-bakar itu?

b. Apa bedanya antara nilai-bakar dan nilai-opak dari bahan bakar?

14.26.M. Sifat apa yang terdapat pada bensin dengan bilangan-oktan yang tinggi dan sifat apa yang terdapat pada minyak-gas dengan bilangan-seten yang tinggi?
Apakah yang dapat mempengaruhi nilai ini?

15. PLASTIK DAN KARET.

PENDAHULUAN

15.01. Darimanakah asalnya nama plastik itu?

Bahan pokok

15.02. Bahan-pokok untuk pengolahan plastik dan karet ialah persenyawaan-persenyawaan organik.
Apakah persenyawaan organik itu ?

15.03. Apakah perbedaan antara persenyawaan alifatis dan persenyawaan siklis?

15.04. Apakah persenyawaan alifatis itu?

15.05. Apa perbedaan antara persenyawaan jenuh dan persenyawaan tak jenuh?

15.06. Berilah definisi dari persenyawaan jenuh sebagai berikut:
a. Alkan.
b. Alkanol
c. Asam-karbon alkan
d. Alkanal
e. Amina

15.07. Berilah rumus-struktur dari persenyawaan jenuh sebagai berikut:
a. Heptan
b. Propanol
c. Asam-karbon metan (asam-cuka)
d. Etanal
e. Buta-metilendiamin

15.08. Apakah persenyawaan siklis aromatis itu?

15.09. Berilah rumus-struktur dari persenyawaan siklis aromatis sebagai berikut:
a. Bensen (bensol)

b. Metil-bensen (toluol)
c. Bensen-hidroxy (fenol)

15.10. Apakah ciri dari persenyawaan tak jenuh?

15.11. Berilah rumus-struktur dari persenyawaan tak jenuh sebagai berikut:
a. Eten
b. Eten-tetrafluor
c. Asam-dikarbon eten
d. Stiren
e. Buten

Pengolahan.

15.12. Bagaimanakah pada dasarnya pengolahan dari plastik sintetis penuh dan jenis-karet?

15.13. a. Apakah polimerisasi itu?
b. Apakah bahan-pokok untuk polimerisasi itu?
c. Apakah yang harus terjadi dengan bahan-pokok tersebut?
d. Di bawah pengaruh apakah ini dapat terjadi?

15.14. Perlihatkanlah polimerisasi dari vinil-khlorida dengan rumus-struktur.

15.15. Apa yang dimaksud dengan molekul bi-fungsionil?

15.16. Apa yang dimaksud dengan derajat-polimerisasi?

15.17. a. Apakah poli-kondensasi itu?
b. Apakah bahan-pokok untuk poli-kondensasi?
c. Apakah yang harus terjadi dengan bahan-pokok tersebut?
d. Di bawah pengaruh apakah hal ini dapat terjadi?

15.18. Apa sebabnya poli-kondensasi dari fenol dan formaldehid dinamakan reaksi bertingkat?

15.19. Apa yang dimaksud dengan molekul tri-fungsionil?

PLASTIK

Termoplas dan termoharder.

15.20. Bandingkanlah termoplas dan termoharder terhadap soal sebagai berikut:
a. Bangun molekulnya.
b. Tingkah-laku waktu pemanasan.
c. Sifat dapat larutnya.

15.21. Usahakanlah untuk membahas plastik mana yang mempunyai suhu pemakaian yang tertinggi, termoplas atau termoharder.

15.22. Pada persyaratan bagaimana terjadi:
a. Termoplas
b. Termoharder.

15.23.
mereaksi dengan molekul tri-fungsionil.
Apakah dengan demikian kita memperoleh termoplas atau termoharder ?

Jenis, sifat dan penggunaan

15.24. Perlihatkanlah dengan rumus-struktur, bagaimana dapat memperoleh poli-eten.

15.25. Bagaimana poli-eten dapat dikenal?

15.26. Bagaimanakah sifat mekanis dari poli-eten?
Berilah penjelasan mengenai sifat tersebut.

15.27. Bagaimanakah dengan sifat daya-tahan kimia dari poli-eten?
Berilah penjelasan mengenai sifat ini.
Berhubung dengan sifat ini, sebutkanlah beberapa macam penggunaan yang terpenting.

15.28. Bagaimanakah dengan sifat elektris dari poli-eten?
Berhubung dengan sifat ini, sebutkanlah beberapa macam penggunaan yang terpenting.

15.29. Sebutkanlah beberapa macam penggunaan lain dari poli-eten.

15.30. Perlihatkanlah dengan rumus-struktur, bagaimana cara memperoleh polivinil-klorid.

15.31. Bagaimanakah polivinil-klorid dapat dikenal ?

15.32. Bandingkanlah dan terangkanlah mengenai polivinil-klorid keras dan polivinil-klorid lunak terhadap hal sebagai berikut:
a. Sifat mekanis.
b. Penggunaan.

15.33. Perlihatkanlah dengan rumus-struktur, bagaimana cara memperoleh poli-tetrafluoreten.

15.34. Bagaimanakah poli-tetrafluoreten dapat dikenal?

15.35. Apa sebabnya poli-tetrafluoreten tidak boleh dipanaskan sampai di atas suhu 260° C?

15.36. Bandingkanlah poli-tetrafluoreten dengan semua termoplas yang lain mengenai:
a. Massa-jenisnya.
b. Suhu penggunaan maksimum.
Ambillah kesimpulan dari sini.

15.37. Bagaimanakah sifat mekanis dari poli-tetrafluoreten?
Berilah penjelasan mengenai sifat tersebut..

15.38. a. Apa sebabnya penggunaan dari poli-tetrafluoreten sangat bersifat khusus?
b. Sebutkanlah beberapa macam penggunaannya.
c. Sifat mana yang dapat membenarkan penggunaan itu?

15.39. Perlihatkanlah dengan rumus-struktur bagaimana cara memperoleh poli-stiren.

15.40. Bagaimanakah poli-stiren dapat dikenal?

15.41. Bagaimanakah sifat-mekanis dari poli-stiren?
Berilah penjelasan mengenai sifat tersebut.

15.42. Berdasarkan sifat yang manakah poli-stiren itu dapat digunakan untuk kaca-intip (=kaca-lihat) dan sebagainya?

15.43. Bagaimanakah sifat elektris dari poli-stiren?
Berhubung dengan sifat ini, sebutkanlah penggunaannya yang terpenting.

15.44. Sebutkanlah beberapa macam penggunaan yang lain dari poli-stiren.

15.45. Apa sebabnya poli-stiren lebih baik jangan digunakan di bawah cahaya matahari penuh?

15.46. Apakah artinya nilon 6 — 10?

15.47. Bagaimanakah caranya untuk dapat mengenal poliamid?

15.48. Bagaimanakah sifat-mekanis dari poliamid?
Berilah penjelasan mengenai sifat tersebut.

15.49. Berdasarkan sifat manakah poliamid itu dapat digunakan untuk:
a. Gelang penjamin "Dubo"
b. Bantalan-luncur?
c. Sabuk-mesin?
d. Rodagigi ?

15.50. Sebutkanlah beberapa macam termoplas yang lain dan cantumkanlah juga persamaan dan perbedaannya dengan termoplas yang telah dibahas sebelum ini.

15.51. Terangkanlah bagaimana cara memperoleh fenolformaldehid.

15.52. Bagaimanakah fenolformaldehid dapat dikenal?

15.53. Bagaimana dan dengan nama apa cetakan dan pelat fenolformaldehid diperdagangkan?

15.54. Bagaimanakah sifat mekanis dari fenolformaldehid?
Berilah penjelasan mengenai sifat tersebut.

15.55. Berdasarkan sifat apakah fenolformaldehid digunakan untuk hubungan, bantalan-luncur dan rodagigi ?
15.56. Sebutkanlah penggunaan yang terpenting dari fenolformaldehid.
15.57. Sebutkanlah penggunaan yang lain dari fenolformaldehid.
15.58. Terangkanlah bagaimana cara memperoleh poli-ester.
15.59. Apa sebabnya poli-ester dapat dibuat dengan mudah?
15.60. Bagaimanakah poli-ester dapat dikenal?
15.61. Bagaimanakah sifat mekanis dari poli-ester itu?
Berilah penjelasan mengenai sifat tersebut.
15.62. Sebutkanlah penggunaan yang terpenting dari poli-ester dengan perkuatan serat-kaca.
15.63. Apakah keuntungan karoseri mobil dan tubuh kapal, yang dibuat dari poli-ester dengan perkuatan serat-kaca ?
15.64. Sebutkanlah suatu macam penggunaan poli-ester tanpa perkuatan serat-kaca.
15.65. Sebutkanlah beberapa macam termoharder yang lain dan cantumkan juga dengan termoharder yang telah dibahas sebelum ini yang mana termoharder itu dapat dibandingkan.

Pemberian bentuk

15.66. Dengan membuat dua buah sketsa, bahaslah tentang cara melakukan penuangan-semprot dan pengerjaan ekstrudusi dari termoplas.
15.67. Sebutkanlah beberapa perbedaan antara penuangan-semprot dan pengerjaan ekstrudusi.
15.68. Sebutkanlah beberapa perbedaan antara pengerjaan ekstrudusi dan pengerjaan mengembus.
15.69. Dengan membuat sebuah sketsa, bahaslah pengolahan kalander (= melicinkan seperti kaca) dari termoplas.
15.70. Dengan membuat sebuah sketsa, bahaslah tentang pengempaan termoharder.
15.71. Dengan membuat sebuah sketsa, bahaslah tentang pengerjaan - laminasi dari termoharder.
15.72. Bahaslah tentang pengolahan poli-ester yang dilakukan dengan sistim tangan (=hand – lay – up – system).
15.73. Apa sebabnya pengerjaan termoplas dan pengerjaan termoharder berbeda sama sekali?
15.74. Hal-hal apa yang harus diperhatikan pada pengerjaan menyudip termoplas dan termoharder ?

15.75. Apa sebabnya pengerjaan tanpa menyudip hanya dapat dilakukan pada termoplas ?
15.76. Sebutkanlah beberapa macam pengerjaan tanpa menyudip.
15.77. Dengan cara bagaimana akan dibuat produk (=hasil) seperti yang tersebut di bawah ini:
a. Sahap penutup yang fleksibel dari poli-eten?
b. Pipa untuk pengantar listrik dari pilovinil-khlorid yang-keras ?
c. Pelat dari polivinil-khlorid yang keras ?
d. Gelang-penjamin "Dubo" dari nilon 6 ?
e. Rodagigi dari nilon ?
f. Rumah-sakelar dari fenolformaldehid ?
g. Pelat dari fenolformaldehid?
h. Tubuh-kapal poli-ester?

Perbandingan antara logam dan plastik

15.78. Bandingkanlah logam dengan plastik terhadap hal-hal yang tersebut di bawah ini dan di mana mungkin berilah penjelasan tentang perbedaannya:
a. Struktur
b. Sifat mekanis
c. Sifat daya-tahan suhu.
d. Sifat daya-tahan kimia
e. Pengantaran panas (=kalor)
f. Pengantaran listrik
g. Massa-jenis
h. Roman (=rupa)
15.79. Sebutkanlah keuntungan yang terpenting dari plastik.
15.80. Sebutkanlah kekurangan yang terpenting dari plastik.

KARET

Yang tidak divulkanisasikan dan yang divulkanisasikan

15.81. Terangkanlah, bahwa karet dalam keadaan yang tidak divulkanisasikan merupakan bahan plastis.
15.82. Terangkanlah bahwa karet dalam keadaan yang divulkanisasikan merupakan bahan elastis.
15.83. Terangkanlah perbedaan elastisitas antara karet lunak dan karet keras.

15.84. Bagaimanakah sifat mekanis dari karet?
Berilah penjelasan mengenai sifat tersebut.

15.85. Sifat apa yang menentukan pada karet agar dapat digunakan untuk sabuk-mesin, sabuk-transpor dan ban-angin?

15.86. Sifat apa yang menentukan pada karet agar dapat digunakan untuk bahan-paking, gelang-simmer dan selang?

Karet alam

15.87. Bagaimanakah cara memperoleh karet-alam dan bagaimana cara mengolahnya?

15.88. Bagaimanakah cara karet-alam biasanya divulkanisasikan?

15.89. Sebutkanlah penggunaan dari karet-alam.

Jenis-karet sintetis.

15.90. Bagaimanakah cara memperoleh hampir semua jenis-karet sintetis?

15.91. Bagaimanakah jenis-karet sintetis biasanya divulkanisasikan?

15.92. Jenis-karet sintetis yang mana yang terpenting untuk berbagai macam keperluan? Apa sebabnya?

15.93. Jenis-karet sintetis yang mana yang terpenting untuk keperluan teknik? Apa sebabnya?

SOAL UJIAN – AKHIR

15.94.M. a. Unsur apa yang selalu terdapat dalam plastik dan apa sebabnya?
b. Apakah termoplas itu?
c. Apakah termoharder itu?

15.95.M. a. Dalam dua jenis apakah plastik itu dapat dibagi?
b. Dalam bentuk apakah plastik itu diperdagangkan?
c. Bagaimanakah cara memperbaiki kekuatan plastik?
d. Bagaimanakah cara membuat sebuah bak dari plastik?

16. BAHAN PAKING

Umum

16.01. Apakah bahan paking itu?

16.02. Dalam kelompok apakah paking itu dapat dibagi, ditinjau dari:
a. Bahan?
b. Perapatan?

16.03. Berilah penjelasan mengenai nama kelompok yang diperoleh sebagai jawaban dari pertanyaan 16.02.

16.04. a. Bagaimanakah cara membuat paking untuk perapatan statis dan syarat-syarat apakah yang harus dipenuhi?
b. Bagaimana cara membuat paking untuk perapatan dinamis dan syarat-syarat apakah yang harus dipenuhi?

16.05. Apakah yang dimaksud dengan:
a. Paking pelat?
b. Paking sumbat-tabung?

Bahan-paking bukan metalik

16.06. Tentang kertas, karton, fiber dan gabus ditanyakan:
a. Terbuat dari bahan apakah?
b. Digunakan untuk media apakah?

16.07. a. Apakah yang dimaksud dengan pelat-paking tekanan tinggi?
b. Apa sebabnya pelat-paking tekanan tinggi banyak digunakan untuk perapatan uap?
c. Darimana didapat sifat ini oleh pelat-paking tekanan tinggi?

16.08. a. Dari apa kulit dibuat dan bagaimanakah cara membuatnya?
b. Apakah yang dimaksud dengan kulit-inti?
c. Apakah yang dimaksud dengan kulit khrom?
d. Apakah kulit-inti dapat sekali gus menjadi kulit khrom?
e. Kulit yang manakah yang biasanya dipakai untuk bahan-paking?
f. Dalam bentuk apakah kulit dipakai sebagai paking?
g. Untuk media apakah kulit digunakan?

16.09. a. Apa sebabnya karet itu dinamakan bahan-paking yang terbaik?
b. Mengapa karet tersebut tidak selalu digunakan?
c. Dalam bentuk apakah karet dipakai sebagai paking?
d. Untuk media apakah karet digunakan?

16.10. a. Di sebelah mana dari manset-topi pada gambar 16.03 medium itu harus berada, di atas atau di bawah?

b. Apa sebabnya manset-U dapat merapat sendiri?

16.11. a. Apakah asbes itu?
b. Sifat penting apakah yang terdapat pada asbes?
c. Jadi untuk medium apakah asbes itu paling banyak digunakan?
d. Dalam bentuk apa saja asbes diperdagangkan?

16.12. Apa sebabnya poli-tetrafluoreten terutama digunakan untuk perapatan bahan-kimia?

16.13. a. Bagaimanakah cara membuat paking bujursangkar dari henap, katun dan rami ?
b. Untuk media apa saja paking tersebut digunakan?

16.14. Bahan-paking bukan-metalik yang manakah yang paling banyak digunakan?

Bahan-paking metalik-tanggung (=setengah metalik)

16.15. a. Usahakanlah untuk menerangkan, mengapa bahan paking bukan metalik perlu diperkuat dengan logam.
b. Mengapa untuk keperluan tersebut asbes hampir selalu dipilih sebagai bahan-paking bukan metalik?
c. Usahakanlah untuk mengambil kesimpulan dari jawaban terhadap pertanyaan a dan b, untuk medium **mana bahan**-paking metalik-tanggung ini paling banyak digunakan?
d. Apa sebabnya bahan-paking metalik-tanggung tersebut banyak juga digunakan untuk bahan-kimia?

16.16. a. Bagaimanakah cara membuat paking bujursangkar dari asbes, dan tembaga ?
b. Apa sebabnya paking ini sering kali diberi punggung-karet?

16.17. Mengapa asbes dikerjakan dengan *jalur*-tembaga, jalur-timbel atau jalur nikel uang berombak dan tidak dengan jalur yang *lurus?*

16.18. Keuntungan apakah yang terdapat pada logam-putih dalam paking metalik-tanggung, jika dibanding dengan logam yang lain?

Bahan-paking metalik

16.19. a. Apa sebabnya baja, tembaga dan loyang, timbel, aluminium dan nikel tidak dikerjakan sebagai paking sumbat-tabung?
b. Mengapa khusus logam-putih yang digunakan sebagai paking sumbat-tabung?

16.20. a. Apa sebabnya baja, tembaga, loyang dan aluminium tidak digunakan untuk bahan-kimia?
b. Apa sebabnya timbel, nikel dan logam-putih ada digunakan untuk bahan-kimia?

16.21. Bagaimanakah bentuk penampang gelang dari gambar 16.12?

16.22. Mengapa hampir semua paking harus dipoles dulu dengan grafit sebelum dipasang?

Pemilihan bahan

16.23. Dari keadaan-kerja bagaimanakah tergantung pemilihan bahan untuk paking?

16.24. Bahan paking yang bagaimanakah yang paling banyak digunakan untuk perapatan:
a. Air?
b. Uap?
c. Udara dan gas lain?
d. Minyak?
e. Asam dan alkali, lindi, garam dan sebagainya?

16.25. Bahan-paking mana yang dapat digunakan untuk hampir tiap jenis medium?

SOAL UJIAN – AKHIR

16.26.M. a. Apakah gunanya paking itu?
b. Apa sebabnya pada sambungan yang bergerak ditentukan persyaratan yang lebih tinggi daripada sambungan yang tetap?
c. Persyaratan apakah yang harus ditentukan pada paking antara silinder dan kepala-silinder dari sebuah motor-bakar?

16.27.M. a. Data apakah yang diperlukan untuk menggunakan jenis paking tertentu?
b. Bahan-pokok yang mana saja yang dapat digunakan untuk pembuatan paking?
c. Dalam kelompok-utama yang manakah paking itu dapat dibagi?

16.28.M. Sebutkanlah sekurang-kurangnya tiga faktor yang menentukan pilihan terhadap paking.
Paking mana yang akan anda pilih untuk:
a. Paking-flensa dalam saluran-asam?
b. Saluran udara-tekan 4 bar?
c. Paking-flensa dalam saluran-uap 8 bar?

16.29.M. a. Buatkanlah sketsa dari suatu tabung-paking dari sebuah poros pompa-air
b. Paking manakah yang dapat digunakan di sini dan apa sebabnya.

17. BAHAN – ISOLASI

Bahan-isolasi listrik

17.01. Bahan-isolasi listrik yang manakah yang akan digunakan untuk:
a. Sakelar?
b. Pengantar listrik?
c. Pipa untuk pengantar listrik?
d. Sekering-lumer?
e. Lemari untuk sekering-lumer?
f. Gagang untuk obeng?
g. Kabel-las?
h. Tang untuk las?
i. Gulungan untuk koil ?
j. Kap (=sungkup) untuk alat pembagi arus (=alat distribusi arus)
k. Busi?
l. Aluran dalam kondensator?
m. Transformator?
n. Elemen pemanasan?

17.02. Apakah alasan untuk menggunakan asbes sebagai isolasi listrik dalam oven?

Bahan-isolasi suara

17.03. Sebutkanlah beberapa macam bahan-isolasi suara dan tentang penggunaannya.

Bahan-isolasi getaran

17.04. a. Sebutkanlah dua macam bahan-isolasi getaran.
b. Sebutkanlah dua macam penggunaan dari bahan-isolasi getaran.

17.05. Gambarkanlah penampang-lintang dari suatu alat peredam getaran.

Bahan-isolasi panas

17.06. Persyaratan apakah yang harus dipenuhi oleh bahan-isolasi panas dan apa sebabnya?

17.07. Sebutkanlah beberapa macam bahan-isolasi panas untuk konstruksi bangunan dan sebutkan juga tentang penggunaannya.

17.08. Sebuah ruang-kerja mempunyai ukuran panjang 4 m, ukuran lebar 3 m dan ukuran tinggi 3 m.
Lantai terdiri dari kayu, dinding dari pelat serat-kayu dan atap datar dari pelat-beton batu-apung (=pumice concrete). Kofisen antar-panas kayu sama dengan 0,20 J/det. ^{o}C m, dari pelat serat-kayu 0,08 J/det. ^{o}Cm dan dari pelat-beton batu-apung (= pumice concrete) 0,31 J/det. ^{o}Cm.
Ukuran tebal lantai 49 mm, ukuran tebal dinding 34 mm dan ukuran tebal pelat-beton batu-apung sama dengan 62 mm.
Suhu dalam ruang-kerja 20°C.
Suhu di luar ruang-kerja 10°C.
Hitunglah aliran-panasnya

17.09. a. Berdasarkan prinsip apakah cara-kerja penyekatan panas dari kebanyakan bahan-isolasi panas untuk konstruksi bangunan mesin?
b. Apakah dasar cara-kerja penyekatan panas dari tembaga dan aluminium?

17.10. a. Bagaimana cara mencegah pembasahan (=pengambilan air) dari bahan isolasi pada konstruksi bangunan mesin?
b. Keuntungan tambahan apakah yang diperoleh dari pencegahan itu?

17.11. a. Sebutkanlah semua bahan-isolasi panas untuk konstruksi bangunan mesin.
b. Dari apa dan/atau bagaimanakah cara membuatnya?
c. Untuk apakah bahan isolasi itu digunakan?

17.12. Bahan isolasi panas untuk konstruksi bangunan mesin yang manakah yang mempunyai:
a. Kofisen daya-antar panas terendah?
b. Suhu penggunaan maksimum yang tertinggi?
c. Massa-jenis yang paling rendah?

17.13. a. Bilamanakah ketiga bahan-isolasi panas ini dapat digunakan?
b. Yang manakah dari tiga jenis bahan-isolasi panas ini yang akan paling banyak digunakan dan apa sebabnya?

17.14. Berilah penjelasan bahwa dengan patahnya serat dari wol-terak dan serat dari wol kaca, kofisen daya-antar panas dari kedua bahan tersebut akan meningkat.

USTAKAAN WILAYAH DPP P DAN K
Jl. Walikota Mustajab. 68
SURABAYA

17.15. Suatu saluran yang berisi uap dari 520° C, mempunyai ukuran panjang 10 m dan garis-tengah nominal sebesar 25 mm.
Suhu di luar saluran itu sama dengan 20° C.
Ditanyakan:
a. Bahan-isolasi panas yang manakah yang akan digunakan untuk ini?
b. Hitunglah ukuran-tebal bahan yang diperlukan, jikalau aliran panas tidak boleh lebih dari 2000 J/det.

SOAL UJIAN – AKHIR

17.16.M. Apakah asbes itu?
Untuk apakah asbes digunakan?

17.17.M. Sebutkanlah tiga persyaratan yang ditentukan untuk bahan-isolasi panas.
Bahan-isolasi yang manakah yang akan anda pilih untuk:
a. Saluran air-garam, – 12°C ?
b. Saluran uap, 8 bar?

17.18.M. Bahan-isolasi panas yang mana saja yang anda kenal?
Berilah asal-usul dari tiap bahan dan penggunaannya.

17.19.M. a. Apakah bahan-bahan isolasi panas itu?
Sifat apakah yang sama untuk semua bahan itu?
b. Sebutkanlah beberapa jenis bahan-isolasi dengan sifat masing-masing yang terpenting dan juga tentang penggunaannya.
c. Luas-dalam dari sebuah ruangan sama dengan 3 m^2.
Kofisen daya-antar panas dari dinding sama dengan 0,08 J/det. ° C m. Suhu dalam ruangan 600° C dan di luar ruangan 20° C.
Ukuran-tebal dinding sama dengan 100 mm.
Hitunglah aliran-panasnya !

Proyek Pengembangan Perpustakaan
Jawa Timur
T. A. 1986 / 1987

PERPUSTAKAAN WILAYAH DEP. P DAN K
Jl. Walikota Mustajab. 68
SURABAYA